

ARC
0868

257.1

Library of the Museum

OF

COMPARATIVE ZOÖLOGY,

AT HARVARD COLLEGE, CAMBRIDGE, MASS.

Founded by private subscription, in 1861.

Deposited by ALEX. AGASSIZ.

No. 7383.

Jan. 11, 1890









ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

Fortsetzung des von REIL, REIL u. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT u. DU BOIS-REYMOND herausgegebenen Archives.

HERAUSGEGEBEN

VON

Dr. WILH. HIS und Dr. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

Dr. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1890.

SUPPLEMENT-BAND

ZUR

PHYSIOLOGISCHEN ABTHEILUNG.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1890.

9633

57-28

ARCHIV

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTHEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1890.

SUPPLEMENT-BAND.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND DREIZEHN TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1890.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Seite



Die Vorgänge in den Froschhoden unter dem Einfluss der Jahreszeit.

Vergleich von Rana temporaria und esculenta.

Von

A. J. Ploetz.

(Aus dem physiologischen Institut zu Zürich.)

(Hierzu Taf. I u. II.)

Einleitung.

Die Begattung ist beim Frosch eine einmalige im Kreise eines Jahres. Es ist demnach vorauszusetzen, dass die Bildung der Geschlechtsproducte sich an den Ablauf des Jahrescyclus anschliessen wird. Betrachten wir diese als die Reifung eines Körperbestandtheiles, so stellt sie gewissermaassen den Culminationspunkt dar, den die zellenbildende Thätigkeit erreicht. Dass eine solche Thätigkeit in enger Abhängigkeit von den grossen äusseren Factoren Licht, Wärme, Feuchtigkeit u. s. w. verläuft, ist klar. Aber sie muss ebenso abhängen von der Ernährung, überhaupt von den inneren Stoffwechselvorgängen, von der Thätigkeit der übrigen Organe. Einige Abhängigkeiten der letzteren Art notiren in grober Weise die unten folgenden Tabellen, die ihre weitere Verwerthung in späteren Arbeiten finden werden.

Mit dem Einfluss der Jahreszeiten beschäftigt sich der Haupttheil der vorliegenden Arbeit, die auf Anregung und unter Leitung Prof. Gaule's entstanden ist. Der Zweck der Arbeit schliesst ein näheres Eingehen auf die feineren Vorgänge der Spermatogenese aus, ich werde nur in's Auge fassen, was nach den Untersuchungen von La Valette, Matthias Duval und Grünhagen über die Spermatogenese beim Frosch als feststehend anzu-

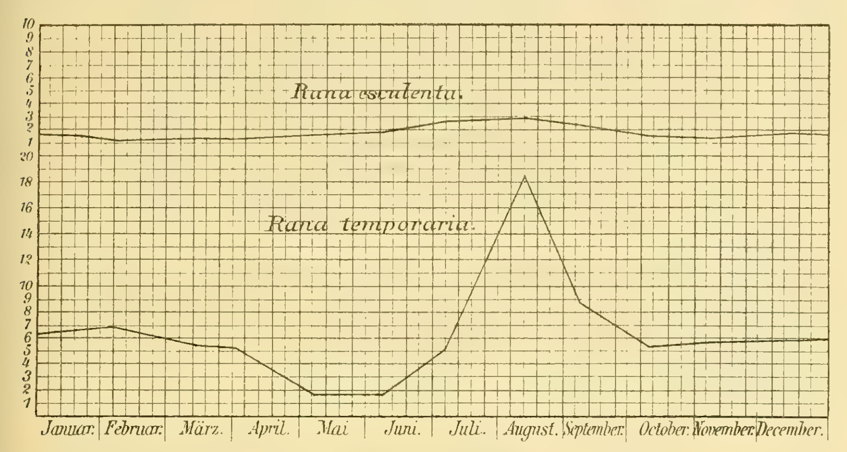
sehen ist. Die Hauptthatsachen derselben sowohl bei Rana temporaria wie bei Rana esculenta sind in diesen Arbeiten bereits niedergelegt. Ich kann mich ihnen, besonders der von Grünhagen, im Grossen und Ganzen anschliessen. Nur werden bei Duval die einzelnen Stadien der Spermatogenese bei Rana temporaria zu scharf von einander getrennt und das Verhalten der Tragezellen ist nicht erkannt; ferner habe ich bei La Valette das schon von Duval constatirte Uebertreiben der Zahl der Follikelzellen auszusetzen. Dagegen gar nicht verwerthen konnte ich die Arbeiten von Neumann und von v. Widersperg.

Untersucht wurden Rana temporaria und Rana esculenta. Trotz der grossen Aehnlichkeit beider Froscharten zeigte sich dabei überraschender Weise eine grosse Verschiedenheit in der Grösse und Functionsweise ihrer Hoden. R. temporaria hat grosse Hoden, deren Grösse weiten Schwankungen unterliegt, und zeitlich gut getrennte Phasen der Bildung und Abstossung der Spermatozoen. R. esculenta hat kleine Hoden, deren Grösse nur wenig schwankt, und zeigt zu allen Jahreszeiten sämmtliche Phasen der Bildung und Abstossung der Spermatozoen, wenn auch in wechselnden Verhältnissen.

Die Erklärung dieser auffallenden Thatsachen suchte ich in Unterschieden der Lebensgewohnheiten beider Thiere, konnte aber nur einen nützlichen Fingerzeig erkennen in der verschiedenen geographischen Verbreitung, in dem Vorkommen der R. esculenta in dem Gebiet der Sommerdürren, worauf ich am Schluss noch zurückkommen werde.

Als Material dienten Rana temporaria und Rana esculenta aus der Umgegend von Zürich. Thunlichst gleich nach der Ankunft der Frösche wurden die Hoden herausgenommen. Einbettung und Färbung geschah nach Gaule's Methode. Die Dicke der Schnitte betrug überall 0·01 mm. Der eine Hoden eines Frosches wurde so geschnitten, dass sich grösste Flachschnitte, der andere so, dass sich grösste Querschnitte ergaben. Dies geschah, um die Länge der drei Hodenaxen festzustellen und das Product derselben zur Vergleichung der Hodenvolumina zu benutzen. Diese Producte sind den unten folgenden „Hodencurven" zu Grunde gelegt, obgleich sie keine eigentlichen Hodenvolumina angeben. Aber sie geben doch für den Vergleich taugliche Verhältnisszahlen an. Die beiden Queraxen eines Hodens sind verschieden lang. Da die längere von ihnen sowohl im grössten Flachschnitt als auch im grössten Querschnitt vorkommt, also bei den beiden zu einem Frosch gehörenden Hoden gemessen werden konnte, so wurde jedesmal das Mittel zwischen den beiden gefundenen Längen in Rechnung gesetzt. In sehr wenigen Fällen war es nicht möglich, einen grössten Querschnitt herzustellen, so dass die fehlende kleinste Axe aus

dem mittleren Verhältniss berechnet werden musste, in dem sie bei anderen Hoden ähnlicher Form zu den beiden längeren Axen stand.



Curve der Grössenschwankungen der Hoden.

Wo in den Rubriken der unten folgenden Tabellen Grössen, Mengen oder Grade nach blosser Schätzung angegeben sind, sind die Ziffern 1—5 benutzt worden, natürlich so, dass die höhere Zahl einem grösseren Volum, einer grösseren Menge oder einem höheren Grade entspricht. Leider sind nicht in allen Monaten die genügende Anzahl Hoden eingebettet worden. Zum Vergleiche sind daher Notizen von anderen Fröschen herangezogen worden, die in demselben Monat beobachtet wurden. Die Beobachtungen erstrecken sich von Mai 1889 bis Mai 1890.

1. Rana temporaria.

a) Allgemeines und Grösse des Hodens.

Zunächst die Tabelle für R. temporaria. Was die darin berücksichtigte Hautfärbung dieses Frosches anlangt, so ist sie um so lebhafter, je schwärzer die Daumenwarzen sind, je zahlreicher, grösser, tiefer schwarz und schärfer umschrieben die Rückenflecke und die Schenkelbänder sind, je mehr an der Unterseite die weissliche Grundfarbe übergeht an der Kehle in Blaugrau, an Brust und Bauch in Grünlich-Gelb bis Hochgelb, und je mehr eine kaum sichtbare hellgraue Marmorirung an der Brust einen dunkler grauen, röthlichgrauen und schliesslich rothen Farbenton annimmt.

Bei Betrachtung der Tabellen fällt auf, wie verschieden die Axenproducte, also auch die Hodenvolumina, in den verschiedenen Monaten sind. Um das Vergleichen unabhängiger von dem Gewicht der Frösche zu machen,

Rana temporaria.

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm.	Axenproduct in Millim.³	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Masse d. Hoden-pigments	Grösse der Fett-körper	Grösse der Kalk-säcke	Ernährungs-zustand	Grösse des Blut-gehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grösse der Milz	Grad der Leb-haftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
8. Januar	177	38	184	4·8	2	2	2	gut	3	3	4	braun	2	3	3	1	
8. „	178	42	155	3·7	2	2	2	„	4	3	4	„	2	3	3	2	
8. „	179	40	259	6·5	2	2	2	zieml. gut	2	2	4	„	2	3	3	1	
9. „	180	47	255	5·4	2	3	2	gut	4	3	4	„	4	3	3	1	
9. „	181	51	448	8·8	1	1	1	„	4	4	2	braun-grün	4	3	3	2	Der ganze F. sehr dunkel.
9. „	182	38	312	8·2	2	1	2	zieml. gut	4	2	2	„	4	3	3	2	
4. Februar	201	44	352	8·0	4	1	4	gut	4	4	4	dunkel-braun-grün	3	4	3	1	
4. „	202	46	313	6·8	1	2	3	„	4	4	3	hell-gelb-braun	3	4	1	3	
4. „	203	51	248	4·9	2	2	2	„	3	2	4	dunkel-braun-gelb	4	4	3	2	
5. „	207	46	259	5·6	3	3	5	zieml. gut	4	4	2	hell-gelb-braun	3	4	3	2	
5. „	208	38	378	9·9	3	2	4	„	3	3	3	hell-braun-grün	3	4	2	3	Gallenblase m. rothem Inhalt.
5. „	209	40	251	6·3	1	2	2	gut	4	3	4	hell-gelb-braun	4	3	2	2	
11. März	231	50	162	3·2	3	2	4	„	4	4	4	dunkel-braun-roth	4	4	2	2	Alle Frösche viel Lymphe unter
11. „	232	52	266	5·1	2	2	4	„	4	4	3	hell-braun-gelb	3	3	2	3	

11. „	235	44	214	4·9	0	2	3	gut	3	3	2	hell-lehmfarben	4	3	4	1	ohne Pigm., der andere m. wenig. } … Schenkelhaut
11. „	236	61	397	6·5	4	2	2	sehr gut	3	3	3	dunkel-braun-grün	3	3	2	1	
1. April	250	63	328	5·2	2	2	4	sehr gut	5	3	3	hell-lehmfarben	2	4	3	3	In Begattungsstellung. Viel Sperma in den Samentaschen.
1. „	251	46	187	4·1	1	1	3	gut	4	4	4	hell-lehmfarben	4	4	3	3	In Begattungsstellung. Sperma in den Sament.
1. „	252	49	284	5·8	2	2	4	sehr gut	4	3	2	hell-lehmfarben	2	4	3	4	In Begattungsstellung. Sehr wenig Sperma in kleinen Samentaschen.
1. „	253	47	200	4·3	3	2	2	„	4	3	4	braun-grün	3	4	3	5	Nicht in Begattungsst. Zieml. viel Sperma in den Samentaschen.
1. „	254	56	322	5·7	3	2	4	„	4	4	3	dunkel-braun-grün	3	4	3	4	Nicht in Begattungsst. Sehr wenig Sperma in den Samentaschen.
1. „	255	47	281	6·0	2	1	2	mittel-mässig	5	4	2	dunkel-braun-grün	3	4	3	5	In Begattungsstellung. Sehr wenig Sperma in den Samentaschen.
6. Mai	264	42	85	2·0	5	1	4	mittel-māss	1	2	2	dunkel-braun-grün	3	5	3	1	
6. „	265	40	68	1·7	5	1	4	„	3	3	3	dunkel-braun-grün	4	3	2	3	Kein Frosch mehr in Begattungsstellung.
6. „ 1890	266	40	66	1·7	5	1	3	„	2	2	3	hell-braun	3	2	4	3	
7. Mai 1889	92	40	56	1·4	4	3	4	mager	4	4	4		2	—	2	—	
6. Juni	98	38	64	1·7	4	2	4	mager	2	4	—	—	2	4	3	—	
Einige and. Exemplare 6. Juni	—	—	—	—	3	4	4	„	2	4	—	—	2	4	2–3	—	Hoden klein.

(Zu den Zeilen vom 1. April: Alle Frösche viel Lymphe unter Bauch- und Schenkelhaut)

Rana temporaria.

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm.	Axenproduct in Millim.³	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Masse d. Hoden-pigments	Grösse der Fett-körper	Grösse der Kalk-säcke	Ernährungs-zustand	Grösse des Blut-gehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grösse der Milz	Grad der Leb-haftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
8. Januar	177	38	184	4·8	2	2	2	gut	3	3	4	braun	2	3	3	1	
8. „	178	42	155	3·7	2	2	2	„	4	3	4	„	2	3	3	2	
8. „	179	40	259	6·5	2	2	2	zieml. gut	2	2	4	„	2	3	3	1	
9. „	180	47	255	5·4	2	3	2	gut	4	3	4	„	4	3	3	1	
9. „	181	51	448	8·8	1	1	1	„	4	4	2	braun-grün	4	3	3	2	Der ganze F. sehr dunkel.
9. „	182	38	312	8·2	2	1	2	zieml. gut	4	2	2	„	4	3	3	2	
4. Februar	201	44	352	8·0	4	1	4	gut	4	4	4	dunkel-braun-grün	3	4	3	1	
4. „	202	46	313	6·8	1	2	3	„	4	4	3	hell-gelb-braun	3	4	1	3	
4. „	203	51	248	4·9	2	2	2	„	3	2	4	dunkel-braun-gelb	4	4	3	2	
5. „	207	46	259	5·6	3	3	5	zieml. gut	4	4	2	hell-gelb-braun	3	4	3	2	
5. „	208	38	378	9·9	3	2	4	„	3	3	3	hell-braun-grün	3	4	2	3	Gallenblase m. rothem Inhalt.
5. „	209	40	251	6·3	1	2	2	gut	4	3	4	hell-gelb-braun	4	3	2	2	
11. März	231	50	162	3·2	3	2	4	„	4	4	4	dunkel-braun-roth	4	4	2	2	
11. „	232	52	266	5·1	2	2	4	„	4	4	3	hell-braun-gelb	3	3	2	3	Alle Frösche viel Lymphe unter

11. März	233	54	189	3·5	1	3	3	sehr gut	4	4	3	hell-braun-gelb	5	3	3	2		Bauch- und Schenkelhaut
11. „	234	44	405	9·2	1	2	3	„	3	3	3	schwarz-grün	4	3	2	2	Der eine Hode ohne Pigm., der andere m. wenig.	
11. „	235	44	214	4·9	0	2	3	gut	3	3	2	hell-lehmfarben	4	3	4	1		
11. „	236	61	397	6·5	4	2	2	sehr gut	3	3	3	dunkel-braun-grün	3	3	2	1		
1. April	250	63	328	5·2	2	2	4	sehr gut	5	3	3	hell-lehmfarben	2	4	3	3	In Begattungsstellung. Viel Sperma in den Samentaschen.	Alle Frösche viel Lymphe unter Bauch- und Schenkelhaut
1. „	251	46	187	4·1	1	1	3	gut	4	4	4	hell-lehmfarben	4	4	3	3	In Begattungsstellung. Sperma in den Sament.	
1. „	252	49	284	5·8	2	2	4	sehr gut	4	3	2	hell-lehmfarben	2	4	3	4	In Begattungsstellung. Sehr wenig Sperma in kleinen Samentaschen.	
1. „	253	47	200	4·3	3	2	2	„	4	3	4	braun-grün	3	4	3	5	Nicht in Begattungsst. Zieml. viel Sperma in den Samentaschen.	
1. „	254	56	322	5·7	3	2	4	„	4	4	3	dunkel-braun-grün	3	4	3	4	Nicht in Begattungsst. Sehr wenig Sperma in den Samentaschen.	
1. „	255	47	281	6·0	2	1	2	mittelmässig	5	4	2	dunkel-braun-grün	3	4	3	5	In Begattungsstellung. Sehr wenig Sperma in den Samentaschen.	
6. Mai	264	42	85	2·0	5	1	4	mittelmäss	1	2	2	dunkel-braun-grün	3	5	3	1	Kein Frosch mehr in Begattungsstellung.	
6. „	265	40	68	1·7	5	1	4	„	3	3	3	dunkel-braun-grün	4	3	2	3		
6. „ 1890	266	40	66	1·7	5	1	3	„	2	2	3	hell-braun	3	2	4	3		
7. Mai 1889	92	40	56	1·4	4	3	4	mager	4	4	4		2	—	2	—		
6. Juni	98	38	64	1·7	4	2	4	mager	2	4	—	—	2	4	3	—		
Einige and. Exemplare 6. Juni	—	—	—	—	3	4	4	„	2	4	—	—	2	4	2–3	—	Hoden klein.	

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm.	Axenproduct in Millim.³	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Masse d. Hodenpigments	Grösse der Fettkörper	Grösse der Kalksäcke	Ernährungszustand	Grösse des Blutgehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grösse der Milz	Grad der Lebhaftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
5. Juli	110	39	197	5·1	3	2	3	sehr mager	3	4	2	—	2	4	2	—	
Einige and. Exemplare 5. Juli	—	—	—	—	3	4	4	„	4	4	2	—	3	4	2	—	
8. August	126	29	445	15·4	1	2	4	gut	4	3	3	—	3	2	2	—	Scheint sehr jung. Sehr wenig Körperpigment; Auch mehrere andere Exemplare zeigten sehr grosse Hoden mit wenig Pigment
10. „	127	43	636	14·8	2	2	4	mager	4	4	3	hell	2	3	3	—	Mehr Körperpigment
12. „	128	43	1059	24·6	0	1	5	gut	5	4	2	—	2	2	2	—	Wenig Körperpigment
6. Septbr.	137	37	502	13·6	2	3	3	mager	2	3	2	hell-braun	2	2	2	—	Nur Hodenpigment
8. „	II	43	333	7·7	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8. „	III	36	182	5·1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9. „	138	36	320	8·9	1	3	4	mager	2	4	3	roth-braun	2	4	3	—	
9. October	148	59	291	5·3	3	4	5	„	4	5	3	hell-braun	4	4	5	—	Viel Körperpigment
Ein anderes Exemplar	—	50	—	—	—	2	5	nicht mager	4	5	4	„	3	—	2	—	Hoden etwa so gross wie bei 148; Viel Körperpigment
7. Nov.	159	44	256	5·8	2	1	4	mager	3	4	5	dunkel	1	2	2	—	Muskel röther wie gewöhnlich
Zwei andere	—	41	—	—	—	2	3	sehr mager u.	4	4	4	—	2	4	1	—	
Exemplare	—	52	—	—	—	—	4	nicht mager	—	5	—	—	3	3	3		
2. Dec.	171	40	262	6·5	3	1	5	mager	4	5	3	—	2	—	2	—	Kein Körperpigment
19. „	—	(43)	216	5·0	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Einige and. Exemplare	—	—	—	—	—	1	4	mager	4	4	3	—	2–3	4	3	—	Ziemlich grosse Hoden ohne Pigment

sind die Axenproducte auf 1 grm Frosch reducirt worden. Aus den so erhaltenen Zahlen ist innerhalb jedes Monats eine Durchschnittsziffer gebildet worden. Letztere liegt der angefügten graphischen Darstellung zu Grunde.

Die entstandene Linie zeigt mittlere Werthe für den Winter, niedrige für Mai und Juni und hohe für den August.

b) Anordnung und Lumina der Canälchen.

Die Unterschiede in den Hodengrössen könnten dadurch entstehen, dass die Zahl der Hodencanälchen oder ihr Lumen schwankt, oder dass die Masse der Zwischensubstanz einschliesslich Saftlücken und Gefässe starken Veränderungen unterworfen ist. Das letztere ist nicht der Fall. Zwar ist das Bindegewebe zwischen den Canälchen vom März bis September im Durchschnitt etwas vermehrt und zell- und lückenreicher, auch scheinen die Hoden während des Sommers stärker durchblutet zu sein. Allein alles dies ist zu geringfügig, um das starke Schwanken der Hodenvolumina zu erklären. Man muss also auf die Canälchen selbst zurückgehen.

Es wurden auf einer gleich grossen Fläche (2·5 qmm) im Centrum je eines Flachschnittes vom Mai und August die Anzahl der Canälchen und Ausführungsgänge festgestellt. Es ergaben sich:

für Januar 50,
für Mai 116 und
für August 16 Lumina.

Die Gesammtfläche der betreffenden Hodendurchschnitte betrug:

für Januar 34 qmm,
für Mai 14·5 qmm und
für August 122 qmm.

Es kommen also auf jeden Hodendurchschnitt:

im Januar 680,
im Mai 673 und
im August 750 Lumina.

Das Gewicht der betreffenden Frösche beträgt für Januar 38, für Mai 40 und für August 43 grm. Es ist also höchstens für den Mai eine geringe Abnahme in der Zahl der Lumina zu constatiren, die aber doch so gering ist, dass man die Grössenunterschiede der Hoden wesentlich auf Unterschiede in der Weite der Lumina der Canälchen und Ausführungsgänge zurückführen muss.

Die geringe Abnahme der Lumina im Mai, wenn nicht einfach individuelle Variation, beruht vielleicht darauf, dass bei der Ausscheidung der

Spermatozoen im April einige Canalwände durchbrochen werden, wenigstens sieht man etwas mehr confluirende Lumina wie sonst.

Dies und die directe Beobachtung des ganzen Materials erweist, dass zu keiner Zeit ein nennenswerther Untergang und Neuaufbau von Canälchen stattfindet. Auch wurde zu keiner Zeit das Auftreten geschlossener Follikel sicher beobachtet.

In keinem Falle konnte eine zweifellose Communication des Inneren der Canälchen oder der Ausführungsgänge mit den Lymphspalten bemerkt werden. Nie wurde Inhalt der Canälchen in einer Lymphspalte gefunden. Eine dem Rete testis analoge Bildung besteht also nicht.

Die Anordnung der Canälchen ist folgende: Sie gehen meist zuerst radiär von der Hodenoberfläche nach innen, auf der lateralen Seite eine ziemlich lange Strecke, oft die Hälfte des Radius, auf der medialen Seite nur eine kurze Strecke weit. Manchmal fehlt medial ein radiärer Verlauf ganz. Nach innen zu verlaufen die Canälchen nach allen Richtungen gewunden durcheinander. Hier sind die Lumina vielleicht etwas kleiner als am Hodenrande. Das Confluiren der Canälchen beginnt bereits dicht unter der Hodenoberfläche und setzt sich bis in's Innere hinein fort. Die Canälchen gehen schliesslich in Ausführungsgänge über. Dies geschieht innerhalb der ganzen Zone der gewundenen Canälchen. Die Ausführungsgänge führen nach häufiger Vereinigung mit einander und mit Canälchen aus dem Hodeninneren in ziemlich gerader medialer Richtung hinaus. Dieser Verlauf der Canälchen ändert sich im Laufe des Jahres nur in so fern etwas, als im August und September bei dem grösseren Theil der Hoden das gerade radiär verlaufende Stück länger ist, in einem Falle bis zu $^2/_3$ des Querschnittsradius.

Ehe ich zur Schilderung des Canalinhaltes übergehe, will ich noch beiläufig erwähnen, dass besonders im Sommer zahlreiche Blutkörperchen, in einzelnen Gefässen alle, keine oder nur eine äusserst schwache Kernfärbung hatten. Dabei liess die Kernfärbung der übrigen Elemente nichts zu wünschen übrig. Ein Theil der Blutkörperchen zeigte nicht den gewöhnlichen nur mit Safranin gefärbten Kern, sondern einen vergrösserten oft runden Kern, der ausser mit Safranin auch ziemlich stark mit Haematoxylin gefärbt war. Diese Kerne lagen theils in einem Stroma von gewöhnlicher Grösse, theils hatten sie nur eine dünne, aber noch deutlich gelblich-grüne Hülle.

c. Inhalt der Canälchen.

Was nun die Veränderungen des Inhaltes der Canälchen in den verschiedenen Monaten betrifft, so sieht man im

October von der Canalwand aus nach innen ein ziemlich weites proto-

plasmatisches Netzwerk, in dessen Maschen an einzelnen Stellen dicht an der Wand grosse runde Zellen liegen, die Spermatogonien La Vallette's. Es giebt jedoch kleine Strecken von Maschenwerk, in denen man keine solchen wandständigen Zellen bemerkt. Mit Ausnahme dieser ziemlich seltenen Stellen sind die Spermatogonien in einer sehr lockeren Reihe angeordnet. Da, wo das Netz nach dem Canalinneren zu aufhört, liegen in ihm viele Kerne, kleiner als die Spermatogonien. Diese Kerne zusammen mit dem protoplasmatischen Netz sind die Benda'schen Fusszellen, oder mit einem besseren Ausdruck von Grünhagen die Trage- oder Stützzellen. An jedem ihrer Kerne schliesst sich noch weiter nach innen ein kurzer, breiter, feingestreifter Protoplasmastiel, auf dem nach dem Canalinneren ein dichtes Bündel von Samenfädenköpfen aufsitzt. Weiter nach innen folgt wieder ein kurzer breiter feingestreifter Protoplasmastiel, der in eine breitere, zum Theil grob gestreifte, zum Theil unregelmässig radiär zerklüftete Protoplasmamasse übergeht, in der zerstreut ganz kleine chromatophile Körner in wechselnder Menge liegen, bald im Bereich eines Kopfbündels gar keine, bald bis zwanzig und noch mehr. Diese ganze beschriebene Formation, mit Ausnahme der Spermatogonien, nennt Grünhagen Samenständer, ein Ausdruck, der wegen seiner treffenden Kürze beibehalten zu werden verdient. An den Spermatogonien bemerkt man nur wenige von La Valette's Follikelzellen, vielgestaltigen, theils länglichen, theils pyramidalen oder halbmondförmigen Zellen, die bedeutend kleiner als die Spermatogonien sind. Obgleich der genetische Zusammenhang zwischen diesen Follikelzellen und den Tragezellen Grünhagen's wohl zweifellos ist und auch durch die Untersuchungen F. Hermann's wieder bestätigt worden ist, werde ich doch der Bequemlichkeit halber diese beiden Namen beibehalten. Von Tragezellen werde ich sprechen, sobald eine Follikelzelle mit einer Spermatocyste in Verbindung getreten ist, vorher von Follikelzellen.

In einigen Canälchen liegen Ballen von abgestossenen, zusammen geknäuelten Spermatozoen. Die Abstossungserscheinungen selbst findet man nur in sehr geringem Umfange vor, und zwar hauptsächlich in einigen Canälchen, die in einer Zone gleich nach innen von den Canälchen am Rande, besonders am lateralen, liegen. Diese Zone werde ich weiterhin als zweite Randzone bezeichnen.

Im November verändert sich das Bild kaum. Höchstens werden die Canallumina etwas enger, der Abstand der Samenständer etwas geringer, die Spermatogonien und Follikelzellen etwas zahlreicher und das Maschenwerk der Tragezellen etwas enger, sodass die Kopfbündel näher an die Wand rücken. Auch in diesem Monat findet man in der zweiten und sogar in der äussersten Randzone Abstossung von Spermatozoenbündeln, und zwar in viel beträchtlicherem Umfange wie im October, aber doch im

Verhältniss zur Abstossung im April in so geringem Grade, dass man von einer zweiten Brunstperiode nicht sprechen kann.

Im December, Januar und Februar findet man im Allgemeinen dieselben Verhältnisse wie im November. Nur werden die Canallumina noch ein wenig enger, die Samenständer sind noch näher aneinander gerückt, das Maschenwerk der Tragezellen ist noch ein wenig enger geworden und Spermatogonien und Follikelzellen erscheinen ein wenig zahlreicher, liegen aber immer noch locker und einreihig. Ueberhaupt sind alle aufgeführten Veränderungen nur sehr geringfügig. In allen diesen Monaten, wie auch im November, liegen in einzelnen Canälchen Spermaballen, die schon erwähnten Haufen abgestossener, zusammengeknäuelter Spermatozoen. Dementsprechend sieht man in der zweiten Randzone hin und wieder sich ablösende Spermatozoenbündel, aber bedeutend weniger wie im Novemberhoden. Beiläufig bemerkt, ist die zweite Randzone gewöhnlich in der Entwickelung am weitesten voran, die äusserste am weitesten zurück.

Auch im März ist das Bild wieder nur wenig verändert. Die Spermatogonien und Follikelzellen liegen noch ein wenig dichter, aber noch in einer Reihe. Besonders in der zweiten Randzone sieht man wieder mehr Ablösungserscheinungen, daher auch eine vermehrte Anzahl von Spermaballen.

Erst Anfang April geht die Ablösung der Samenfäden im ganzen Hoden vor sich. Einige Hoden zwar (250 und 251) zeigen noch ganz ähnliche Verhältnisse, wie die vom März; allein die anderen zeigen in der Reihenfolge 253, 254, 252, 255 die Ablösung immer weiter vorgeschritten. In Nr. 255 sind bei weitem die meisten Spermatozoen bereits ausgeschieden. Bei 250 und 251 sieht man, wie im März, ziemlich viele Spermaballen, bei 253 und 254, wo die Ablösung stärker in Gang gekommen ist, sehr viele, dagegen bei 252 wenige und bei 255 sehr wenige, wohl weil die grössere Menge der Spermatozoen schon entleert ist. An der Wand praesentiren sich jetzt die Spermatogonien und Follikelzellen als eine enggeschlossene Schicht, die Spermatogonien aber noch einreihig. Nach innen von ihnen sieht man überall, wo die Ablösung der Spermatozoenbündel vor sich geht, eine stärkere Safraninfärbung der Kerne der Tragezellen. Das Protoplasma derselben zwischen Kern und Wand und zwischen Kern und Kopfbündel zieht sich in der Richtung des Canalradius in die Länge, oft sehr bedeutend, bis eine Trennung zwischen Kopfbündel und Kern, oder seltener zwischen Kern und Wand eintritt. Im ersteren Falle wird die zurückbleibende Tragezelle gewöhnlich noch länger, ihr Protoplasma wird weitmaschig und bildet mit dem benachbarter Tragezellen ein Netz. Manche kleinere Canälchen sind fast ganz mit solchem Maschenwerk erfüllt, in dessen Bälkchen zerstreut die Kerne liegen. Einzelne Zellen hängen kaum noch

mit diesem Netz zusammen, andere sind schon frei mit etwas eingezogenen Ausläufern, und noch andere haben alle Ausläufer ganz eingezogen und zeigen einen rund oder länglichrund begrenzten Protoplasmaleib. Diese freien runden Zellen mit safranophilem Kern werde ich Folgezellen nennen. Zu diesem Namen habe ich deshalb gegriffen, weil sie erstens doch schon Structur- und chemische Unterschiede von den Tragezellen aufweisen, und zweitens, weil sie im Mai nach Abstossung der Spermatozoen so zahlreich auftreten, dass man die Möglichkeit einer noch anderweitigen Genese als aus den Tragezellen offen lassen muss.

In den Fällen, wo sich gleich von Anfang an der ganze Samenständer in Zusammenhang von der Wand löst, findet bald auch eine Trennung zwischen Kopfbündel und Tragezelle statt, und letztere wandelt sich in eine Folgezelle um.

Im Mai sieht man keine Spermaballen mehr und nur noch wenige Spermatosomen, hauptsächlich in der Randzone. In den Canälchen liegen sehr zahlreich die Folgezellen, die meist frei und abgelöst ovale und runde Formen zeigen, was im April nur bei sehr wenigen der Fall war, da fast alle Tragezellen noch in den ersten Stadien ihrer Umwandlung, den langgestreckten und Ausläufer-Formen, waren. Solche ersten Stadien sieht man auch im Maihoden noch in einigen Randcanälchen an der Innenseite des Keimlagers. Hier, ja manchmal vielleicht im Keimlager selbst, bemerkt man auch ziemlich viele fertige Folgezellen.

Auch ein Theil der kleinen chromatophilen Körner, die zwischen den Schwänzen der Samenfäden lagen, werden mit einer kleinen Protoplasmahülle frei und liefern vielleicht einen Theil der Folgezellen, der kleinere und dunklere Kerne aufweist. Doch werden auch bei den meisten Folgezellen, die von den Tragezellen stammen, die Kerne kleiner und dunkler, was man manchmal schon beobachten kann, wenn die Kopfbündel kaum gelöst sind.

Im Keimlager liegen im Mai die Spermatogonien sehr dicht, in den meisten Canälchen, besonders im Hodeninneren, in zwei Reihen übereinander, sie sind grösser wie früher und haben zwischen sich sehr viele Follikelzellen. Das dichte, mehrreihige Zusammenliegen der Spermatogonien beruht zu einem Theile darauf, dass der ganze Maihoden geschrumpft ist. Möglicherweise erklärt diese Schrumpfung auch das scheinbare Ueberwiegen der Zahl der Folgezellen über die der früheren Tragezellen.

Vom Juni existirt leider nur ein Exemplar, das nicht gut verwerthbar ist, weil aus irgend einem Grunde die Ausscheidung der Spermatozoen nicht stattgefunden hat. Der Hode ist etwa so gross wie ein Maihode, er ist ganz vollgestopft mit Spermatozoenbündeln, die ab- und zum Theil aufgelöst, aber noch nicht zu Ballen formirt sind. An der Wandschicht

der Canälchen sieht man Wucherungsvorgänge, die Spermatogonien liegen noch dichter wie im Mai. In dem blinden Ende der Randcanälchen, wo die Spermatozoen etwas nach dem Hodeninneren zu fortbewegt sind, liegen oft 3—5 Schichten übereinander.

Ein Nachtrag soll die Lücke ausfüllen.

Der Juli ist der einzige Monat, in dem der Hoden keine Spermatozoen beherbergt. Die alten sind heraus, die neuen noch nicht gebildet. Auch von den Folgezellen ist nichts mehr zu sehen. Ueberhaupt liegen keine Elemente mehr frei im Lumen der Canälchen. Direct an der Canalwand liegen ganz zerstreut einige grosse, zum Theil sehr grosse Spermatogonien, die einen noch ziemlich hell mit wenig Chromatin, die anderen zahlreicheren, mit viel Chromatin. Dazwischen Uebergänge. Viele der sehr grossen dunklen Formen erweisen sich bei näherer Betrachtung bereits als sehr dicht aneinanderliegende Spermatocyten erster oder zweiter Theilung. Die Spermatocyten La Valette's sind die Theilungsproducte der Spermatogonien in mehrfachen Generationen bis zu der Generation, welche die directe Vorstufe der Spermatosomen oder Samenfäden bilden. Diese Vorstufe nennt La Valette nicht mehr Spermatocyten, sondern Spermatiden. Im Julihoden nun sieht man überall kleine und grosse Haufen von Spermatocyten. Die Spermatocyten liegen entweder dicht aneinander und bilden die sog. Keimkugeln, oder sie haben zwischen sich einen Hohlraum und bilden die Wand einer Cyste. Diese Keimkugeln und Cysten sitzen zum bei weit grösstem Theil mit breiter Basis der Canalwand auf. Der andere Theil ist den wandständigen Haufen nach innen vorgelagert und bildet Kolben, deren Stiel aber mit der Wand noch in Verbindung ist. Die Kerne der einzelnen Spermatocyten sind sämmtlich rund, nirgends sieht man längliche Formen, das Spermatiden-Stadium ist also noch nicht erreicht. Ueberhaupt überwiegen noch die früheren Stadien der Spermatogenese, die Keimkugeln und kleinen Cysten, die späteren Stadien der grossen Cysten. Die Follikelzellen sind ziemlich zahlreich, aber gegen Mai scheinbar an Zahl verringert. Ein Theil, und zwar kleinere Formen, liegt noch um Spermatogonien, ein anderer Theil ist mit Keimkugeln und -Cysten in Verbindung getreten und liegt ihnen dicht an. Der Kern dieser Follikel- oder Tragezellen ist sehr gross und hell, ihr Protoplasma scheint die ganze Kugel oder Cyste mit einem Gerüst und Ueberzug zu versehen. Die Tragezellen liegen zu je einer oder zwei, selten mehr, meist an der Basis der Keimkugeln und -Cysten, also an der Wand. Aber ein Theil wird durch das Wachsthum dieser Zellcolonien nach dem Canalinneren vorgeschoben, oft bis zum Scheitel derselben.

Im August sind die Spermatogonien bis auf wenige Exemplare verringert, ebenso die sie begleitenden kleinen Follikelzellen. Die Keimkugeln

und -Cysten sind durchschnittlich weiter entwickelt, wie im Juli. Demgemäss sieht man Spermatocysten zahlreicher wie Keimkugeln. Die Spermatocysten sind durchschnittlich grösser wie im Juli und enthalten mehr und kleinere Spermatocyten, deren kleine Kerne dicht gedrängt die äusserste Schicht der Cystenwand bilden, während ihr Protoplasma mehr nach dem Cystencentrum zu liegt. Im Centrum selbst findet sich etwas Protoplasma, das durch Ausläufer mit dem Protoplasma, das unmittelbar von den Spermatocytenkernen aus nach dem Cysteninneren zu gelegen ist, verbunden ist. Möglicher Weise ist diese Protoplasmavertheilung zum Theil ein Kunstproduct, durch Gerinnung entstanden, wenigstens hat sie Aehnlichkeit damit. Sie bleibt auch im Spermatidenstadium dieselbe.

Von den Cysten bemerkt man jetzt viele, deren Wand nach dem Canalinneren zu eine spärlichere Anzahl von Kernen oder auch gar keine mehr zeigt. Die Cysten sind dadurch nach dem Lumen geöffnete Glocken geworden. Zugleich oder kurz vorher bemerkt man eine Streckung der Kerne der Spermatocyten in der Richtung nach dem Inneren der Glocken. Neben diesen letzteren sieht man alle Uebergänge zu halben Hohlkugeln und Schüsselformen mit noch gestreckteren Spermatidenkernen und mit Protoplasma, das noch mehr nach der Canalmitte zu gesammelt ist, aber stets mit den Kernen in fadenförmiger Verbindung bleibt. Weiterhin findet man Formen, bei denen noch länger gestreckte Kerne noch mehr zusammengedrückt sind, und die meist nahe an der Canalwand stehen, während die grossen Cysten und Glocken oft den wandständigen Zellcolonien nach innen vorgelagert sind. An dem nach der Canalwand zu gerichteten Scheitel der Glocken, Schüsseln und lockeren Bündel gewahrt man sehr häufig die schon erwähnten hellen grossen Kerne der Tragezellen, deren Protoplasma die Verbindung der Spermatiden mit der Canalwand herstellt. Manchmal erhält man den Eindruck, als ob zwei einer Glocke anliegende Tragezellen diese spalten und je ein Bündel Spermatiden in ihren Bereich ziehen.

Von den noch sehr lockeren Bündeln gestreckter Kerne sieht man alle Uebergangsformen zu den fertigen, völlig geschlossenen Bündeln fadenförmiger Spermatozoenköpfe, also zu formfertigen Samenständern, die auch die schon für October beschriebene Anordnung des Protoplasma's zeigen, in das die Schwänze der Samenfäden eingelagert sind.

Ab und zu kann man bemerken, dass einige der kleinen Spermatocytenkerne bei der Formirung der Glocken nicht an die geschlossene Reihe der anderen Kerne rücken, sondern draussen liegen bleiben und in die spätere Schicht des Protoplasma's um die Schwänze der Samenfäden hineinkommen. Sie bilden einen Theil der schon in den Wintermonaten erwähnten kleinen chromatophilen Kugeln, die in das Hüllprotoplasma eingelagert sind. Ein anderer Theil derselben entsteht wohl dadurch, dass

Spermatozoenköpfe in irgend einer Weise ihre feste Verbindung mit dem Kern oder dem dicht um den Kern befindlichen Protoplasma der Tragezellen verlieren, zwischen den übrigen Köpfen nach der Canalmitte zu rücken und dabei wieder die frühere kugelige Form annehmen.

Alle Formen, von der einfachen Spermatogonie bis zum Samenständer, sieht man in dem August-Hoden in ziemlich wechselnden Zahlenverhältnissen. Bei 127 ist das Bild noch dem vom Juli ähnlich, es sind auch noch keine Spermatozoen da, allein zum Unterschied giebt es schon grosse Cysten, deren Kerne etwas länglich geworden sind. Etwas weiter vorgeschritten ist 126. Bei 128 hat man alle Stadien neben einander, vor Allem auch schon ziemlich viele fertige Samenständer.

Im September bemerkt man nur noch in einem Exemplar einige grosse Cysten und Glocken. In allen übrigen sind Keimkugeln, Cysten, Glocken und Schüsseln völlig verschwunden, man sieht nur die geschlossenen Samenständer, eine sehr geringe, aber gegen August etwas erhöhte Zahl von Spermatogonien und Follikelzellen, das Maschenwerk der Tragezellen und auch bereits das Auftreten von Spermaballen, also ein Bild, welches dem vom October ausserordentlich ähnlich ist. Nur die Canallumina sind noch ein gut Theil weiter, und die Entfernung der Kopfbündel von der Wand ist unregelmässiger.

Damit ist der Cyclus vollendet. In kurzer Zusammenfassung spielt er sich folgendermaassen ab:

October — März: Ziemlich gleichmässiges Verharren des Hodens auf der Stufe der vollen Formentwickelung der Spermatozoen. Mittlere Grösse der Hoden.

Mitte März — Mitte April: Ausscheidung der Spermatozoen. Erstes Erscheinen weniger Folgezellen. Zunahme der Spermatogonien und Follikelzellen. Hoden etwas kleiner.

Mai: Spermatozoen zum allergrössten Theil ausgeschieden. Hoden sehr klein. Sehr viele Folgezellen. Doppelte Schicht von Spermatogonien mit sehr vielen Follikelzellen.

Juli: Keine Spermatozoen und Folgezellen mehr. Zahl der Spermatogonien und Follikelzellen hat abgenommen. Die Spermatogonien haben sich getheilt und ihre ersten Generationen bilden an der Wand der Canäle dichte Keimkugeln oder kleine Cysten mit runden Kernen.[1] Hoden wieder grösser.

August: Nur noch sehr wenig Spermatogonien, da sie meist zu Keimkugeln und Spermatocyten geworden sind. Die späteren Generationen der

[1] Die Kugeln und Cysten tragen an ihrer Peripherie Follikelzellen, Tragezellen.

Spermatocyten überwiegen die ersten. Die letzte, die der Spermatiden mit gestreckten Kernen, tritt auf. Nach den letzten Kerntheilungsvorgängen in den Cysten öffnen sich diese letzteren nach dem Canalinneren und die Spermatidenkerne werden unter weiterer Streckung von dem Protoplasma der Tragezellen zu Bündeln von Spermatozoen zusammengezogen. Fertige Samenständer. Hoden sehr gross.

September: Nur noch sehr wenige spätere Stadien von Spermatocyten und Spermatiden, sonst lauter fertige Samenständer. Hoden wieder kleiner.

Dieses zeitlich getrennte Ablaufen der einzelnen Phasen der Bildung und Ausscheidung der Samenfäden illustrirt die Curve der Hodenvolumina. Am wenigsten Raum nimmt das erste Stadium der Spermatogenese ein, wo einfach Spermatogonien, höchstens einige Spermatocyten erster und zweiter Generation und Follikelzellen vorhanden sind, daher kann im Mai und Juni der Hoden am kleinsten sein. Die folgenden Stadien der Spermatocytenbildung nimmt mehr Raum auch an der Canalwand ein, der Hoden im Juni passt sich dem durch Vergrösserung an. Die weiter folgenden Stadien der Bildung der Spermatiden mit ihren grossen Cysten, Glocken- und Schüsselformen nehmen noch mehr Raum ein, daher im August, wo neben den ersten Stadien und fertigen Samenständern hauptsächlich auch das Spermatidenstadium vorkommt, der Hoden ein sehr grosses Volumen erhält, um durch die Weite der Canälchen den vielen grossen Zellcolonien die nöthige Breite der Basis zu geben. Dann hört die Neubildung von Spermatocysten auf und die alten Cysten sind fast alle zu Samenständern entwickelt. Diese beanspruchen bedeutend weniger Raum, daher der Hoden im September wieder zu etwa mittlerer Grösse einschrumpft. Von October bis März sieht man stets das Bild des reifen Hodens und nur sehr wenig abgelöste Spermatozoen. Die Grösse der Hoden während des Winters kann also nicht nennenswerth sich ändern. Die Spermaballen, die man ab und zu in den Winterhoden sieht, postuliren kein Kleinerwerden der Hoden, da sie höchst wahrscheinlich noch vom Spätherbst her datiren und während des Winterschlafs nicht weiter befördert werden, also kein Zeichen stetig fortdauernder, wenn auch geringer Spermasecretion zu sein brauchen. Erst wenn von Mitte März an die Hauptsecretion stattfindet, muss das Hodenvolum abfallen, was das Absteigen der Curve zum Mai hin erklärt.

Der skizzirte Cyclus nimmt ein Jahr ein, von Mai bis zu Mai. Duval spricht von einem 18 monatlichen Cyclus der Spermatogenese. Er nimmt dabei an, dass die Spermatogonien, die vom September an in vermehrter Zahl auftreten, und die das Material im nächsten Jahre liefern, aus bereits im Frühling erscheinenden Zellen entstehen, wobei er eine Umwandelung von Follikelzellen in Spermatogonien annimmt. Dieser ganzen Angabe

kann ich nicht widersprechen, aber sie auch nicht bestätigen. Ich lasse also offen, wie lange vorher die September-Spermatogonien bereits gebildet worden sind und spreche nur von einem 12 monatlichen Cyclus.

II. Rana esculenta.

a) Allgemeines und Grösse der Hoden.

Der Betrachtung aller dieser Verhältnisse bei R. esculenta werde ich folgende, der von R. temporaria analoge Tabelle voranschicken (s. S. 17—19).

In dieser Tabelle wird man die Masse des Hodenpigments vermissen. Auf keinem der Hoden der R. esculenta fand sich Pigment. Dieser Frosch ist überhaupt pigmentärmer als R. temporaria. Erwähnen will ich noch, dass bei letzterer das Maximum des Pigmentreichthums des Hodens auf den Mai fällt. Diese stärkere Pigmentirung ist wohl zu einem Theil nur scheinbar, nämlich bedingt durch das Kleinerwerden der Hodenoberfläche, wodurch die einzelnen Pigmentstellen dichter aneinander rücken, allein ein zweiter Theil ist sicher hinzugekommen, da ein relativ bedeutend grösserer Theil der Hodenoberfläche mit Pigmentstellen überdeckt ist.

Aus beiden Tabellen ergiebt sich, dass die Lebhaftigkeit der Hautfärbung bei beiden Fröschen in die Zeit der Brunst fällt, nämlich bei R. temporaria um Anfang April, bei R. esculenta in den Juni und Juli.

Die Hodenvolumina verhalten sich erheblich anders, wie bei R. temporaria. Sie sind im Durchschnitt etwa vier Mal kleiner wie bei R. temporaria und zeigen keine so sehr von einander verschiedene Maxima und Minima. Auch hier fällt das Maximum in den August. Die graphische Darstellung auf S. 3 diene zur Veranschaulichung.

b) Anordnung und Lumina der Canälchen.

Die Anordnung der Canälchen ist ähnlich wie bei R. temporaria, nur sind die gerade nach Innen verlaufenden Aussentheile der Canälchen bei Weitem kürzer. Ebensowenig wie bei R. temporaria ist hier eine Communication zwischen Lymphspalten und Canälchen bez. Ausführungsgängen zu bemerken.

Wie in Bezug auf Grösse, so zeigen auch sonst die Hoden verschiedener Monate keine so durchgreifenden Unterschiede wie bei R. temporaria. Die Canallumina differiren nur wenig von einander, das Maximum fällt auch hier in den August, das Minimum in den Frühling.

Im Durchschnitt sind die Lumina bei R. esculenta etwas grösser wie bei R. temporaria, trotz der kleinen Hoden.

Rana esculenta.

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm	Axenproduct in Millim.	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Grösse der Fettkörper	Grösse der Kalksäcke	Ernährungszustand	Grösse des Blutgehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grosse der Milz	Grad der Lebhaftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
20. Januar	190	40	56	1·4	5	2	zieml. gut	3	3	2	dunkel-roth-braun	4	2	5	2	
20. „	191	42	70	1·7	5	2	mittelmässig	3	3	3	hell-braun-grün	3	2	2	2	
20. „	192	39	40	1·0	5	1	gut	4	3	3	hell-gelb-braun	3	2	3	2	
21. „	198	35	67	1·9	5	3	„	2	3	3	schmutzig-braun-grün	2	3	3	1	
21. „	199	35	36	1·0	1	2	mittelmässig	4	4	3	dunkel-roth-braun	2	2	4	2	
21. „	200	36	67	1·8	4	3	gut	3	2	3	schmutzig-braun-grün	3	1	3	2	Fettkörper links sehr gross, rechts mittelgross.
6. Febr.	213	42	25	0·6	5	1	„	4	2	3	dunkel-braun-grün	4	3	3	2	
6. „	214	41	48	1·2	4	2	„	3	1	3	„	4	3	3	2	
6. „	215	42	39	0·9	3	2	„	3	1	3	„	4	2	4	2	
6. „	216	42	75	1·8	4	1	„	4	2	5	hell-braun-grün	4	2	5	3	Der ganze Frosch sehr dunkel.
6. „	217	48	46	1·0	4	1	„	3	3	3	hell-gelb-braun	5	3	3	2	
6. „	218	37	41	1·1	3	2	„	3	3	3	dunkel-braun-grün	3	2	4	2	
12. März	243	50	27	0·5	5	1	sehr gut	4	3	3	hell-orange-braun	5	2	5	3	
12. „	244	46	107	2·3	4	2	gut	4	3	3	dunkel-braun grün	5	2	4	3	

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm.	Axenproduct in Millim.	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Grösse der Fettkörper	Grösse der Kalksäcke	Ernährungszustand	Grösse des Blutgehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grösse der Milz	Grad der Lebhaftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
12. März	245	43	63	1·5	3	1	gut	4	3	2	dunkel-braun-grün	4	2	4	3	
12. „	246	42	45	1·1	4	2	zieml. gut	4	2	2	hell-braun-grün	4	2	4	2	
12. „	247	42	62	1·5	4	2	gut	3	3	3	„	4	2	4	3	
12. „	248	37	41	1·1	3	1	„	4	2	3	„	4	2	4	3	
2. April	257	41	46	1·1	5	2	„	3	3	3	hell-braun-gelb	5	2	3	2	Leber mit erbsengrossem Eiterherd
2. „	258	43	52	1·2	4	3	zieml. gut	3	2	2	dunkel-braun-grün	4	4	4	4	Kein Frosch in Begattungsstellung.
2. „	259	40	38	1·0	4	2	gut	3	2	3	hell-braun-grün	5	3	4	3	Keine Lymphansammlung unter Bauch- und Schenkelhaut.
2. „	260	47	65	1·4	4	2	„	3	3	3	„	5	3	3	2	
2. „	261	38	36	0·9	3	3	„	3	3	2	dunkel-braun-grün	5	3	5	3	
2. „	262	44	66	1·5	5	2	„	4	3	3	braun-grün	5	3	4	3	
6. Mai	268	35	59	1·7	3	3	„	3	3	3	braun-grün	3	2	4	2	
6. „	269	37	60	1·6	3	2	„	3	2	2	dunkel-braun-grün	4	2	5	3	Kein Frosch in Begattungsstellg.
6. „ 1890	270	33	30	0·9	3	2	„	1	2	2	hellgrau-braun	4	2	3	2	Blut ganz hellroth, der ganze Frosch sehr hell.
7. „ 1889	86	47	101	2·2	5	—	„	4	3	2		4	—	2	—	
6. Juni	103	44	80	1·8	3	1	„	4	3	4		3	3	3	4	Sehr lebhaft und reizbar.
Einige and. Exemplare 6. Juni	—	—	—	—	2—4	1—2	„	4	2–4	—		2–4	3	3	4	

Einige and. Exemplare	—	—	—	—	—	—		2—4	3	—		3-4	3	2-3	5	Hoden kleiner wie 119a. } Sehr lebhaft und reizbar.
8. August	125	51	105	2·1	4	2	gut	4	4	2		4	3	3	—	
12. „	2*	41	148	3·6	2 u. 4	2	„	4	2	—		2	3	4	—	Ein Hode klein, der andere gross.
12. „	3*	45	103	2·3	3	2	„	4	3	—		3	—	4	—	
27. „	4*	(43)	168	3·7	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „ Verschied. Exemplare	—	—	—	—	5	1—2	„	4	4	4		4-5	4	3	—	Zerzupfte Hoden zeigten lebhafte Spermatozoen.
6. Sept.	131	43	70	1·6	2 u.4	2	„	4	3	4	röthlich-braun	4	2	2	—	
8. „	I	46	115	2·5	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „	II	42	90	2·1	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „	III	38	114	3·0	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
Einige and. Exemplare 6. Sept.	—	—	—	—	2—4	2—4	„	4	3	2—3		3-4	2—3	3-4	—	Bei einem Frosch nur ein Hode. An diesem ein kleiner Fettkörper, der andere Fettkörper war gross.
8. October	146	39	41	1·1	4	2	„	4	3	2		5	2	2	—	Hoden ungleich gross.
8. „	147	34	64	1·9	4	2	mager	3	3	4		4	1	4	—	Hoden ungleich gross.
6. Nov.	153	42	56	1·3	4	1	gut	4	3	4		4	1	2	—	
Einige and. Exemplare 6. Nov.	—	—	—	—	2—4	1—4	ziemlich mager	2—4	3	2—3		3	2	2-4	—	
19. Dec.	I	(44)	74	1·7	—	—		—	—	—		—	—	—	—	Ein Hode sehr klein, der andere sehr gross.
Einige and. Exemplare 1. Dec.	—	—	—	—	1—4	1—4	gut	4	3	2—4	dunkel	3-4	2—4	2-4	—	Hoden klein mit vielen Gefässen.

Datum	Nummer	Gewicht des Frosches in Grm.	Axenproduct in Millim.	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Grösse der Fettkörper	Grösse der Kalksäcke	Ernährungszustand	Grösse des Blutgehaltes	Grösse d. Herzens	Masse des Muskelpigments	Leberfarbe	Lebergrösse	Grösse der Gallenblase	Grösse der Milz	Grad der Lebhaftigkeit der Hautfarbe	Bemerkungen
12. März	245	43	63	1·5	3	1	gut	4	3	2	dunkel-braun-grün	4	2	4	3	
12. „	246	42	45	1·1	4	2	zieml. gut	4	2	2	hell-braun-grün	4	2	4	2	
12. „	247	42	62	1·5	4	2	gut	3	3	3	„	4	2	4	3	
12. „	248	37	41	1·1	3	1	„	4	2	3	„	4	2	4	3	
2. April	257	41	46	1·1	5	2	„	3	3	3	hell-braun-gelb	5	2	3	2	Leber mit erbsengrossem Eiterherd. Kein Frosch in Begattungsstellung. Keine Lymphansammlung unter Bauch- und Schenkelhaut.
2. „	258	43	52	1·2	4	3	zieml. gut	3	2	2	dunkel-braun-grün	4	4	4	4	
2. „	259	40	38	1·0	4	2	gut	3	2	3	hell-braun-grün	5	3	4	3	
2. „	260	47	65	1·4	4	2	„	3	3	3	„	5	3	3	2	
2. „	261	38	36	0·9	3	3	„	3	3	2	dunkel-braun-grün	5	3	5	3	
2. „	262	44	66	1·5	5	2	„	4	3	3	braun-grün	5	3	4	3	
6. Mai	268	35	59	1·7	3	3	„	3	3	3	braun-grün	3	2	4	2	Kein Frosch in Begattungsstellg.
6. „	269	37	60	1·6	3	2	„	3	2	2	dunkel-braun-grün	4	2	5	3	
6. „ 1890	270	33	30	0·9	3	2	„	1	2	2	hellgrau-braun	4	2	3	2	Blut ganz hellroth, der ganze Frosch sehr hell.
7. „ 1889	86	47	101	2·2	5	—	„	4	3	2		4	—	2	—	
6. Juni	103	44	80	1·8	3	1	„	4	3	4		3	3	3	4	Sehr lebhaft und reizbar.
Einige and. Exemplare	—	—	—	—	2—4	1—2	„	4	2–4	—		2–4	3	3	4	

6. Juli	119a	(39)	102	2·6	1	2	gut	4	2	—		3	4	3	5	
Einige and. Exemplare	—	—	—	—	—	—		2—4	3	—		3-4	3	2-3	5	Hoden kleiner wie 119a. } Sehr hebhaft und reizbar.
8. August	125	51	105	2·1	4	2	gut	4	4	2		4	3	3	—	
12. „	2*	41	148	3·6	2 u. 4	2	„	4	2	—		2	3	4	—	Ein Hode klein, der andere gross.
12. „	3*	45	103	2·3	3	2	„	4	3	—		3	—	4	—	
27. „	4*	(43)	168	3·7	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „ Verschied. Exemplare	—	—	—	—	5	1—2	„	4	4	4		4-5	4	3	—	Zerzupfte Hoden zeigten lebhafte Spermatozoen.
6. Sept.	131	43	70	1·6	2 u. 4	2	„	4	3	4	röthlich-braun	4	2	2	—	
8. „	I	46	115	2·5	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „	II	42	90	2·1	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
8. „	III	38	114	3·0	—	—		—	—	—		—	—	—	—	
Einige and. Exemplare 6. Sept.	—	—	—	—	2—4	2—4	„	4	3	2—3		3-4	2—3	3-4	—	Bei einem Frosch nur ein Hode. An diesem ein kleiner Fettkörper, der andere Fettkörper war gross.
8. October	146	39	41	1·1	4	2	„	4	3	2		5	2	2	—	Hoden ungleich gross.
8. „	147	34	64	1·9	4	2	mager	3	3	4		4	1	4	—	Hoden ungleich gross.
6. Nov.	153	42	56	1·3	4	1	gut	4	3	4		4	1	2	—	
Einige and. Exemplare 6. Nov.	—	—	—	—	2—4	1—4	ziemlich mager	2—4	3	2—3		3	2	2-4	—	
19. Dec.	I	(44)	74	1·7	—	—		—	—	—		—	—	—	—	Ein Hode sehr klein, der andere sehr gross.
Einige and. Exemplare 1. Dec.	—	—	—	—	1—4	1—4	gut	4	3	2—4	dunkel	3-4	2—4	2-4	—	Hoden klein mit vielen Gefässen.

c) Inhalt der Canälchen.

Alle diese Verhältnisse stehen damit im Zusammenhang, dass bei R. temporaria die Bildung der Spermatozoen an eine bestimmte Zeit, Juni bis Anfang September, gebunden ist, bei R. esculenta dagegen in allen Monaten, wenn auch in verschiedenem Maasse, stattfindet.

Man sieht nämlich im Januar ausser fertigen Samenständern und vielen, oft zweischichtigen Spermatogonien mit Follikelzellen eine Menge von Keimkugeln und einige wenige spätere Stadien der Spermatozoenbildung, Cysten und Schüsseln der Spermatiden. Es fällt sofort auf, dass alle diese späteren Stadien nicht so schöne regelmässige Bilder bieten, wie bei R. temporaria. Vom Centrum der Glocken und Schüsseln sind die Kerne gewöhnlich ungleich entfernt. Auch sind sie nicht so oft schön in radiärer Richtung gestellt. Ebensowenig regelmässige Formen bilden die Haufen fertiger Spermatozoen, sie schliessen sich nicht zu jenen dichten Bündeln zusammen, wie bei R. temporaria, sondern bleiben mehr oder weniger locker nebeneinander liegen, sind aber auch eingebettet in das Protoplasma einer Tragezelle, nach deren grossem Kern die Spermatozoen gerichtet sind. Die Köpfe dieser letzteren sind kürzer, aber dicker. Auffallend häufig sind die kleinen Chromatinkugeln in der Protoplasmamasse, in die die Schwänze eingelagert sind. Sie bilden manchmal dichte Schwärme und zeigen nicht nur runde Formen, wie bei R. temporaria, sondern auch längliche und gekrümmte. Es sind höchst wahrscheinlich einestheils Spermatidenkerne, die keine Verbindung mit der Tragezelle erreicht haben, anderentheils Köpfe von Spermatozoen, die diese Verbindung wieder verloren haben. Im Inneren der Canälchen liegen oft solche Chromatinmassen auch frei, nur mit etwas Protoplasma um sich herum.

In einigen Canälchen findet man fast sämmtliche Spermatozoen aus ihrer Verbindung mit den Tragezellen gelöst frei im Canallumen. Zwischen ihnen zerstreut und direct an der Innenseite des Keimlagers liegen die Reste der Tragezellen und die Analoge der Folgezellen bei R. temporaria. Wirkliche zusammengeknäuelte Spermaballen bemerkt man nur in sehr geringer Zahl.

Die Hoden vom Februar bis Mai bieten ein sehr ähnliches Bild, nur werden besonders im Mai die höheren Stadien der Spermatogenese ein klein wenig häufiger und in den Canälchen liegen etwas mehr Spermaballen.

Erst im Juni treten stärkere Veränderungen auf. Die Spermatozoen sind bis auf wenige Reste ausgeschieden. Die Keimkugel, besonders aber die Cysten sind stark vermehrt. Dagegen sind die höheren Stufen der Spermatogenese immer noch gering an Zahl. Die Spermatogonien sind vermindert.

Im Juli beherrschen die Keimkugeln und die Cysten noch mehr das Bild. Viele Canälchen sind ganz von ihnen ausgefüllt. Das Cystenstadium mit noch runden Kernen sieht man am häufigsten. Die soliden Keimkugeln treten ein wenig zurück. Dagegen sind die Cysten mit bereits länglichen Kernen viel häufiger, auch die höheren Spermatidenstadien sind etwas häufiger. In einigen Canälchen liegen Spermatozoen.

Die Spermatogonien scheinen noch mehr vermindert.

Im August überwiegen die Spermatozoen schon wieder etwas, wenn auch noch nicht so wie im Winter. Spermatogonien und Keimkugeln sind noch weniger wie im Juli. Die höheren Stadien sind noch häufig. In einigen wenigen Canälchen treten bereits Ablösungserscheinungen auf, aber nur sehr selten Spermaballen.

Auch im September und October sieht man in einigen Canälchen abgelöste Spermatozoen. Die Spermaballen sind gegen August vermehrt. Keimkugeln und Cysten sind noch vermindert und etwa so häufig wie im Januar. Dagegen sind die Spermatogonien mit ihren Follikelzellen im Vergleich zum August etwas vermehrt.

Im November und December zeigen die Hoden ganz ähnliche Bilder. Nur zeichnet sich der November dadurch aus, dass in ein gut Theil mehr Canälchen abgelöste Spermatozoen und auch schon ziemlich viele Folgezellen liegen. Letztere Beobachtung harmonirt mit der von Franke, dass im November bei R. esculenta Andeutungen einer zweiten Brunst vorhanden sind.

Wie man sieht, finden sich, wenn auch in verschiedenem Zahlenverhältniss, in jedem Monat alle Stadien der Spermatogenese vor. In den Wintermonaten bis kurz vor der Paarung, die etwa von Ende Mai bis Ende Juni stattfindet, nehmen die fertigen Samenständer den grössten Raum ein, im Juni und Juli dagegen die verschiedenen Stadien der Samenbildung, im August und September nehmen sie wieder ab, bis wieder der Winterzustand eintritt.

III. Vergleich beider Frösche.

Diesen Verhältnissen entsprechend besteht zwischen den Hodengrössen der R. esculenta in den einzelnen Monaten kein so auffallender Unterschied wie bei R. temporaria. Die an Volum verschiedensten Stadien der Spermatogonien auf der einen Seite und der grossen Spermatocysten und Spermatidenschüsseln auf der anderen Seite bedingen durch ihr gleichzeitiges Vorkommen in demselben Canälchen eine gewisse Mittelgrösse desselben und deshalb des Hodens gegenüber R. temporaria, wo in dem einen Monat nur das kleine Keimlager, in einem anderen hauptsächlich die viele Mal

grösseren Spermatocysten und Spermatidenglocken vorkommen. Wo diese auch bei R. esculenta an Zahl steigen, wie im August, nimmt auch das Canallumen und die Hodengrösse deutlich zu.

Auffallend ist, dass das mittlere Hodenvolum bei R. esculenta auf 1 ^{grm} Frosch berechnet etwa drei bis vier Mal so klein ist wie bei R. temporaria. Die einzelnen Elemente des Inhaltes der Samencanälchen, sowie das Lumen dieser selbst, zeigen keine wesentlichen Grössenunterschiede. Die Samenfäden der R. esculenta sind zwar kürzer, aber dafür auch dicker wie die der Rana temporaria. Die Zahl der Eier ist bei R. esculenta eher grösser, so dass, wenn man nicht besonders günstige Befruchtungsverhältnisse bei ihr voraussetzen will, wozu man bis jetzt keinen Grund hat, die Grösse ihrer Production von Samenfäden überhaupt die der R. temporaria erreichen muss. Diesem Postulat scheint der Hoden bei R. esculenta bei seiner bedeutend geringeren Grösse nicht entsprechen zu können. Aber die Sache erklärt sich, sobald man sich erinnert, dass bei R. esculenta die Production von Spermatozoen continuirlich vor sich geht und die ausscheidenden Spermatozoen immer wieder Raum für neue Spermatocysten machen, während bei der R. temporaria sämmtliche Spermatozoen in einem einzigen Schub während des Sommers producirt werden und sämmtlich im Winterhoden selbst Raum zur Aufspeicherung haben müssen. Mit kurzen Worten, der Hode der R. temporaria hat ausser der Function der Bildung von Spermatozoen noch die der langen Aufspeicherung derselben, weshalb er grösser sein muss, als der der R. esculenta.

Vielleicht steht auch damit in Zusammenhang, dass die Dauer der Begattung bei R. temporaria nur kurze Zeit, bei R. esculenta dagegen viele Wochen dauert.

Die Verschiedenheit in den beiden Cyclen der Spermaproduction hat auch wohl mit der geographischen Verbreitung beider Thiere zu thun. R. temporaria bewohnt ganz Europa bis zum Nordcap und steigt in der Schweiz bis zu 2500 Meter. R. esculenta geht nicht über den Polarkreis hinaus, kommt z. B. in Dorpat schon nicht mehr vor, steigt nicht über 1500 Meter in der Schweiz, geht aber im Süden bis nach Nord-Afrika. R. temporaria kommt also in einem Gebiet vor in dem die Zeit der Spermaproduction überall dieselbe ist, nämlich der warme Sommer mit offenem Wasser, was jedenfalls mit der besseren Ernährungsmöglichkeit der Eltern-Frösche und auch der Larven zusammenhängt, welch letztere ja die Ausscheidungszeit der Spermatozoen, also auch den Anfang der Neubildungszeit bestimmt. Es ist deshalb nicht wunderbar, dass man im Winter nie Spermaproduction bemerkt.

R. esculenta dagegen kommt in einem Gebiet vor, in dem die Zeit der Spermaproduction nicht durchgehends dieselbe ist, nämlich in Europa

in den Sommer fällt und in dem subtropischen afrikanischen Gebiet auf den Winter, da der Sommer dort die dürre Zeit ist, und nur der nasse Winter, die Regenzeit, gute Begattungs- und Ernährungsbedingungen schafft. Also muss bei R. esculenta, die ja sowohl in Europa, also in günstigen Sommern, wie in Nord-Afrika, also in günstigen Wintern vorkommt, der Hode beiden Erfordernissen angepasst sein und zu jeder Jahreszeit Sperma produciren können. Das muss man natürlich auch in den mikroskopischen Bildern der R. esculenta der Schweiz ausgedrückt finden, da die Spermaproduction wohl doch ein in den Stoffwechsel so eingreifender Process ist, dass er bei derselben Art nicht das eine Mal ausschliesslich im Winter, das andere Mal ausschliesslich im Sommer vor sich gehen kann. Dass sich in der Schweiz noch Hodenzustände erhalten haben, die hier unnöthig sind, aber im Süden ihre Bedeutung haben, weist vielleicht zusammen mit der Andeutung einer zweiten Brunst darauf hin, dass unsere R. esculenta von Süden her in unser Gebiet eingewandert ist vor einer Zeit, die im Leben der Arten kurz zu nennen ist. Ganz so weist bei R. temporaria die kurze Zeit, die Spermaproduction, Spermaausscheidung, Begattung und Metamorphose beanspruchen, darauf hin, dass sie sehr lange Zeiträume hindurch unter kurzen Sommern gelebt hat und ihr eigenthümliches Stammgebiet nördlicher wie R. esculenta hat.

Es erübrigt noch zu erwähnen, dass aus den angeführten Tabellen und sonstigen Beobachtungen hervorgeht, dass die Fettkörper im Grossen und Ganzen bei kleinen Hoden grösser sind, als bei grossen Hoden. Dies sieht man besonders häufig, wenn der Hoden der einen Seite bedeutend kleiner ist als der der anderen, oder gar fehlt. Der Fettkörper derselben Seite ist dann oft um vieles grösser, wie der auf der anderen Seite. Aus den übrigen Angaben der Tabelle ist ausser den schon erwähnten Unterschieden in der Hodenpigmentirung vorläufig keine Anwendung zu finden.

Nachtrag zur vorstehenden Arbeit.

Zu der vorstehenden Arbeit, welche durch eine Reise nach Paris unterbrochen wurde, habe ich noch eine Ergänzung hinzuzufügen. Dieselbe betrifft erstens die Lebensverhältnisse der Rana esculenta in Nordafrika, in Betreff deren ich allerdings in Paris nicht so viel erfahren habe, wie man bei dem engen Verhältniss Algiers zu Frankreich erwarten dürfte. Immerhin haben meine Erkundigungen doch einige Anhaltspunkte geliefert, die ich weiterhin mittheile. Zweitens war mittlerweile der Monat Juni herangekommen und es ist dadurch möglich geworden, diesen in dem vorigen Jahre nur mangelhaft vertretenen Monat nunmehr zu ergänzen. Es ist nicht so leicht gerade in diesem Monate Frösche namentlich Temporarien frisch einzufangen, doch gelang es, das nöthige Material zu beschaffen. Endlich sind auf Veranlassung von Professor Gaule photographische Tafeln des Hodens von Rana temporaria hergestellt worden, welche ich zur Illustration meiner Arbeit zu verwerthen im Stande bin. Die nach bekannter Methode hergestellten Praeparate wurden durch Hrn. O. Müller (Selnau-Zürich) mit dem Zeiss'schen Apparat photographirt und die Tafeln durch J. Brunner (Winterthur) direct von den Glasnegativen gedruckt. Es sind unter den sämmtlichen Monaten April unmittelbar vor der Aussstossung, Mai nach der Ausstossung, August mitten in der Bildung, September nach vollendeter Bildung als die charakteristischsten Moment ein dem Cyklus ausgewählt worden. Diese Bilder, deren photographische Treue noch dadurch erhöht wird, dass dem Photographen nicht eine bestimmte Stelle bezeichnet, sondern die Freiheit gelassen wurde, beliebig zu wählen, sollen zunächst veranschaulichen, wie ausserordentlich klar sich der ganze Cyklus bei der Temporaria abspielt. Dann aber will ich mich derselben auch bedienen, um für diejenigen, welche nicht aus eigener Anschauung oder aus der Litteratur mit der Spermatogenese und den bei ihr in Betracht kommenden Zellenformen genauer vertraut sind, dieselben zu veranschaulichen. Deshalb soll in der Tafelerklärung noch einmal eine kurze Zusammenfassung des Cyklus der Spermatogenese gegeben werden.

Zunächst wende ich mich nun der Schilderung der neu untersuchten Junihoden zu. Es waren drei von Temporaria, drei von Esculenta, alle in der bereits angegebenen Weise, gehärtet, geschnitten, gefärbt.

Um das Ergebniss der Untersuchung der Hoden von R. esculenta gleich vorweg zu nehmen, so betrug der Durchschnitt der Axenproducte auf 1^{grm} Frosch berechnet $1 \cdot 2^{\text{ccm}}$. Mikroskopisch zeigte sich das eine Paar Hoden noch ganz voll von Spermatozoen, die mittleren und späteren Stadien der Spermatogenese waren ebenfalls sehr häufig, daneben sah man aber auch viele erste Stadien. Eigentliche Spermaballen waren nur wenige vorhanden. Der Frosch hatte also augenscheinlich die Begattuug noch nicht vollzogen. Die beiden anderen Frösche hatten Hoden, in denen bereits der grössere Theil der Spermatozoen ausgeschieden war. Mittlere und höhere Stadien der Spermatogenese waren häufig, aber nicht mehr so sehr wie beim vorigen Frosch. Dagegen waren die Anfangsstadien zahlreicher.

Es konnte also auch hier der Befund des Junihodens aus dem Jahre vorher bestätigt werden, insofern als gleichzeitig sämmtliche Stadien der Spermatogenese vorgefunden wurden.

Vor der Besprechung der Hoden von R. temporaria mögen hier einige Bemerkungen über die für den Nachtrag verwendeten Frösche Platz finden, die zur Ergänzung der Tabellen der Arbeit dienen mögen (s. S. 26).

Die Hoden der drei R. temporaria entsprachen dem vermutheten Uebergang zwischen dem Mai- und dem Julihoden. Sie sind unter sich verschieden, so dass Nr. 277 den Maihoden am nächsten steht, Nr. 280 den Julihoden. Der Unterschied vom Maihoden besteht hauptsächlich in zwei Dingen, in der stärkeren Entwickelung des Keimlagers und in den Degenerations-Erscheinungen an den noch zurückgebliebenen alten Spermatozoen und Folgezellen.

Das Keimlager ($d + f$[1]) ist überall mehrschichtig. An manchen Stellen ist nicht leicht zu unterscheiden, was noch ursprüngliche Spermatogonien (d) und was bereits die ersten Generationen ihrer Abkömmlinge sind. Genug, man sieht 2—4 Schichten grosser, runder, heller Zellen mit hellem, grossem Kern und einem oder mehreren, safranophilen, sehr verschieden grossen Kernkörperchen. Zwischen ihnen liegen Follikel- und Tragezellen (f), die jedoch bei weitem nicht so zahlreich erscheinen wie im Mai. Die ersten Anfänge der Keimkugeln (g) bilden nahe an einander gerückte grosse Zellen mit dunklerem Kern und weniger und dunklerem Protoplasma als bei den Spermatogonien.

Die einzelnen Elemente im Keimlager und die Uebergangsformen

[1] Die eingeklammerten Buchstaben beziehen sich auf die analogen Gebilde der auf den Tafeln zur Darstellung gebrachten Hoden anderer Monate.

Rana esculenta.

Datum und Nr.	Gewicht in Grm.	Axenproduct in Cbmm.	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Blutgehalt	Herzgrösse	Muskelfarbe	Leberfarbe	Lebergrösse	Milzgrösse	Grösse der Fettkörper	Farbe der Fettkörper	Inhalt des Magendarmes	Pigment	Bemerkungen
271 10. Juni	35	88·3	2·5	4	3	dunkel	braun-grün, sehr dunkel	2	3 roth	2	gelb	fast leer	Viel im Herzen, in den Muskeln und in den Verdauungsorganen	Hoden ungleich
272 10. Juni	36	51·0	1·4	4	3	ziemlich dunkel	dunkel-roth-braun	3	3 roth	4	roth-gelb	Magen leer, Darm voll	Viel im Herzen, in den Muskeln und in den Verdauungsorganen	Hoden blutreich
273 11. Juni	42	100·8	2·4	4	3	etwas blass	braun-grün, sehr dunkel	4	3 roth	2	roth-gelb	leer	Herz sehr, Muskeln etwas pigmentirt	Hoden gelb

Rana temporaria.

Datum und Nr.	Gewicht in Grm.	Axenproduct in Cbmm.	Dasselbe auf 1 grm Frosch	Blutgehalt	Herzgrösse	Muskelfarbe	Leberfarbe	Lebergrösse	Milzgrösse	Grösse der Fettkörper	Farbe der Fettkörper	Inhalt des Magendarmes	Pigment	Bemerkungen
277 22. Juni	26	37·1	1·4	4	3 blass	roth	roth	2	1 blau-roth	4	weiss	mit Inhalt	keines	Hoden gelb, ungleich
278 22. Juni	37	28·8	0·8	5	3 dunkel-rôth	sehr roth	gelb-braun	4	3 roth	4	weiss	mit Inhalt	viel in den Muskeln	Hoden sehr ungleich, gelb, blutreich
280 26. Juni	33	124·9	3·8	2	3 blass	etwas blass	dunkel-roth-braun	2	4 roth	3	gelb-weiss	Inhalt im Dickdarm	Muskeln und Hoden stark pigmentirt	Hoden stark pigmentirt

zwischen denselben erscheinen mir zu mannigfach, als dass ich etwas über die Genese der Follikel- und Tragezellen erschliessen oder die Identität beider bestätigen könnte.

An vielen Stellen des Keimlagers, bei Nr. 280 fast überall, sieht man bereits Zellkolonien von zahlreichen Einzelelementen (*g* und *h*), aber noch nirgends geöffnete Glocken oder Spermatidenstadien (*k* und *l*).

Der im Lumen der Canälchen frei schwimmende Inhalt besteht aus alten Spermatozoen (*a*) mit ihrem Schwanzprotoplasma (*c*), aus Folgezellen (*bb*) und aus einigen abgestossenen Zellen des Keimlagers. Die Spermatozoen zeigen Zerfallserscheinungen, so Trennung zwischen Kopf und Schwanz und Zerbröckelung der Köpfe. Ebenso sind die Folgezellen zum bei weitem grössten Theil degenerirt, sie sind etwas kleiner und haben nicht mehr so scharfe Zell- und Kerncontouren. Der Kern ist überdies grösser geworden und hat in den meisten Fällen Eosinfärbung angenommen. Ziemlich häufig sieht man auch runde, fast homogene, eosinfarbene Elemente, die wohl meist spätere Degenerationsproducte aus Folgezellen und dem Protoplasma der Schwänze und ihrer Hüllen entstehen. Ab und zu bemerkt man auch Detritusmassen.

Bei Nr. 280, dem am weitesten entwickelten Junihoden, ist dieser zerfallende Canalinhalt schon bis auf wenige Reste verschwunden.

Wie man sieht, ist in den Junihoden der R. temporaria der Uebergang völlig vorhanden von den Maihoden, die durch ein zwar starkes, aber noch unentwickeltes Keimlager, frische Folgezellen und eine Anzahl noch nicht aus dem Hoden entfernter, aber schon abgelöster Spermatozoen ausgezeichnet sind, zu den Julihoden, in denen von alten Spermatozoen und Folgezellen nichts mehr zu sehen ist, und in denen das Keimlager aller Canälchen bereits zu ersten und mittleren Stadien der Spermatogenese entwickelt ist.

Das Charakteristische des Junihodens würde also in der Degeneration und endgültigen Ausstossung oder Aufsaugung der noch zurückgebliebenen Spermatozoen und Folgezellen, hauptsächlich aber in der Entwickelung des Keimlagers nur zu den ersten Stadien zu suchen sein.

Am Schluss der Arbeit machte ich eine kurze Bemerkung über den Zusammenhang zwischen geographischer Verbreitung der beiden Froscharten und dem verschiedenen Verhalten der Grösse ihrer Hoden und des zeitlichen Ablaufs ihrer Spermaproduction. Das Vorhandensein aller Stadien derselben bei R. esculenta auch während des Herbstes, des Winters und des Frühlings schien mir zu thun zu haben mit dem Vorkommen dieses Amphibiums in Nordafrika, einer Region der Sommerdürren.

Der Universal-Geographie von Elisée Réclus verdanke ich einige Angaben über das Klima Nordafrika's speciell von Tunis und Algier, die

meine Annahme unterstützen. Der Sommer ist in den meisten Landstrichen so dürr, dass die oberen Flussläufe in trockene Felsrinnen, die unteren und die Seen in Sandflächen verwandelt werden, aus denen oft der Wind grosse Staubwolken aufjagt. Dort wird wohl unsere Froschart weder die Bedingungen zur Fortpflanzung noch zur Larven-Entwickelung finden. Nur wenige der grössten Flussläufe und Seen behalten während des Sommers etwas Wasser. Im September etwa stellen sich die Regen wieder ein, Felder und Bäume bekommen frisches Grün, und Blüthen erscheinen, der sog. zweite Frühling zieht in's Land.

Während des Winters dauert die feuchte Zeit an, das Grün bleibt, ebenso während des Frühlings, der sich hauptsächlich durch das Erscheinen neuer Blüthen bemerkbar macht, die bei weitem zahlreicher sind wie im Herbst. Da das Leben der Frösche an Insecten- und deshalb an Pflanzenleben gebunden ist, so erscheint die Annahme gerechtfertigt, dass unser Frosch besonders im Frühling und im Herbst die günstigsten Bedingungen nicht nur für die Begattung und sein eigenes Fortkommen, sondern auch für das seiner Larven findet. Auf günstige Herbst-Bedingungen bezieht sich möglicherweise die Andeutung einer zweiten Brunstperiode, die nicht nur aus den mikroskopischen Bildern ersichtlich, sondern auch von Franke direct beobachtet worden ist. Aber auch im dortigen Winter braucht nicht nothwendig alles Froschleben aufzuhören, wenigstens hat z. B. Algier ein Januar-Mittel von 14° C.

Abgesehen von diesen allgemeinen klimatischen Verhältnissen Nordafrika's besteht dort eine solche Mannigfaltigkeit von Terrain-Formationen und Witterungseinflüssen, dass einige Plätze günstige Bedingungen für R. esculenta aufweisen können zu einer Zeit, wo andere Orte ungünstige haben.

Alles dies macht die Annahme plausibel, dass R. esculenta sich den wechselnden klimatischen Bedingungen Nordwest-Afrika's und wohl noch anderer Mittelmeerküsten dadurch angepasst hat, dass ihr Hoden zu jeder Zeit Sperma produciren kann, und ferner, dass ein Abstammungs-Verhältniss der R. esculenta nördlicher von der südlicher Breiten den mikroskopischen Bildern continuirlicher, auch nichtsommerlicher Spermaproduction bei unseren nördlichen Fröschen zu Grunde liegt. Dieser Umstand bedingt, wie wir oben gezeigt haben, auch die Kleinheit der Hoden und das geringe Schwanken ihrer Grösse gegenüber R. temporaria.

Etwas directes über das Geschlechtsleben der R. esculenta in Nordafrika habe ich leider bis jetzt nicht erfahren können. Nur eine Notiz in Brehm's Thierleben ist vielleicht verwerthbar. Danach soll man das Quaken dieses Frosches, welches bei uns an die Paarungszeit gebunden ist, dort fast das ganze Jahr hindurch hören können.

Benutzte Litteratur.

Milne Edwards, *Leçons sur la physiologie et anatomie comparée.* 1863. t. VIII.
Gustav Jäger, *Deutschlands Thierwelt.* Stuttgart 1874.
Tschudi, *Thierleben der Alpenwelt.* Leipzig 1875.
Alf. Brehm, *Thierleben.* Leipzig 1876. Bd. VII. 2. Aufl.
Ad. Franke, *Die Reptilien und Amphibien Deutschlands.* Leipzig 1881.
H. Fischer-Sigwart, *Das Thierleben im Terrarium.* Aarau 1889.
E. Neumann, Untersuchungen über die Entwickelung der Spermatozoiden. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1875. Bd. XI. S. 292.
v. La Valette St. George, Die Spermatogenese bei den Amphibien. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XII. S. 797.
v. Widersperg, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Samenkörper. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXV. S. 113.
v. La Valette, Spermatologische Beiträge. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXVII. S. 385.
v. La Valette, Spermatologische Beiträge. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXX. S. 426.
C. Benda, Untersuchungen über den Bau des functionirenden Samencanälchens. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXX. S. 49.
W. Flemming, Weitere Beobachtungen über die Entwickelung der Spermatosomen bei Salamandra. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXXI. S. 71.
Ebner, Zur Spermatogenese bei den Säugethieren. Nomenclatur. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXXI.
F. Hermann, Beiträge zur Histologie des Hodens. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXXIV. S. 58.
Mathias Duval, Recherches sur la spermatogénèse chez la grenouille. *Revue des Sciences naturelles.* Sept. 1880.
Waldeyer, Ueber Bau und Entwickelung der Samenfäden. *Anatomischer Anzeiger.* II. 12. S. 345.
C. Benda, Zur Spermatogenese und Hodenstructur der Wirbelthiere. *Anatomischer Anzeiger.* II. 12. S. 368.
A. Grünhagen, *Lehrbuch der Physiologie.* 1886. 7. Aufl. S. 544.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Alle Figuren beziehen sich auf Rana temporaria. Vergrösserung 125 fach.

Wie wir in der Arbeit gesehen haben, hört bei R. temporaria die Production der Spermatozoen im September auf. Während des Winters bis Ende März oder Anfang April bleiben die Spermatozoen ruhig im Hoden liegen (Speicherstadium). Die Hodenbilder der Wintermonate sind deshalb wenig von einander unterschieden.

Fig. 1 stellt uns dieses Winterbild dar. Es ist vom 1. April, kurz vor Ausstossung der Spermatozoen. Man sieht die Durchschnitte von vier ganz und einigen theilweise getroffenen Canälchen. Rechts die Begrenzung des Hodens. Die Canalwände sind dicht bepflastert mit den Samenständern. Letzteres ist der zusammenfassende Name für Tragezelle (*b*) und die in ihr eingebetteten und durch sie mit der Canalwand verbundenen Spermatozoen ($a + c$). Die schwarzen Tönnchenformen sind die Bündel der Köpfe der Spermatozoen. In dem Schwanzprotoplasma (*c*) bemerkt man zahlreiche Chromatinkörnchen. Nur ab und zu an der Wand der Canälchen erkennt man einige Spermatogonien (*d*), die Ursamenzellen Grünhagen's, aus denen durch Theilung die spätere Generation der Spermatozoen entsteht. Die die Spermatogonien begleitenden Follikelzellen, die in genetischem Verhältniss zu den späteren Tragezellen stehen sollen, sind auf diesem Bilde nicht deutlich zu erkennen.

a = Bündel der Spermatozoenköpfe.
b = Trage- oder Fusszellen, in welche die Spermatozoenbündel eingesenkt sind, und nach deren Kerne hin die Spitzen der Köpfe gerichtet sind.
c = die Schwänze der Spermatozoen und ihr Hüllprotoplasma, das höchst wahrscheinlich der Tragezelle angehört.
d = Spermatogonien.
e = schief getroffene Kopfbündel.

Fig. 2. Von Ende März bis Mitte April erfolgt während der Brunst die Ablösung und Ausstossung der Spermatozoen. Die Ablösung (*b'*) erfolgt gewöhnlich zwischen Kopfbündel und Tragezelle, nicht so häufig zwischen dem ganzen Samenständer und der Wand. In jedem Falle wird die Tragezelle frei, das eine Mal vom Kopfbündel, das andere Mal von der Wand. Die freien Tragezellen, die oft noch von der Ablösung her in die Länge gezogen sind, nehmen rundliche Formen an und bilden einen grossen Theil, vielleicht alle Folgezellen (*bb*), d. h. Zellen, die nach der Ablösung der Spermatozoen neben diesen oder allein frei im Canallumen schwimmen. Fig. 2 zeigt uns einen Hoden von Anfang Mai, einige Zeit nach der Brunst. Die meisten Spermatozoen sind ausgeschieden. In den Randcanälchen liegen sie noch zahlreich, aber schon sehr gelockert. Man sieht hier einige durch die Ablösung in die Länge gezogene Tragezellen (*b'*). Daneben und besonders in den inneren Canäl-

chen sehr zahlreiche Folgezellen (*bb*). An der Wand der Canälchen erscheint ein geschlossenes Keimlager aus Spermatogonien (*d*) und Follikelzellen (*f*), während im Winter diese Elemente an den Canalwänden zerstreut lagen.

a = Kopfbündel.
b' = Tragezellen, in Ablösung begriffen.
c = Schwanzprotoplasma.
bb = Folgezellen.
d = Spermatogonien.
f = Follikelzellen.

Taf. II.

Kurz zuvor in der Beschreibung des Junihodens von R. temporaria haben wir die nun folgende Stufe der Entwickelung der Hodenthätigkeit skizzirt. Die alten Spermatozoen und die Folgezellen degeneriren. Die Spermatogonien theilen sich zu Spermatocyten und bilden die Zellcolonien Grünhagen's, die zuerst solide Keimkugeln sind (Fig. 3 *g*), und später cystisch werden. Follikelzellen treten wahrscheinlich mit ihnen in Verbindung und werden Tragezellen.

Im Juli verschwinden die alten Spermatozoen und Folgezellen völlig. Die Zellwucherungen im Keimlager sind weiter gediehen. Neue Keimkugeln und Spermatocysten haben sich gebildet. Die alten Colonien haben die Zahl ihrer Individuen vermehrt und sich vergrössert (Fig. 3 *h*).

Fig. 3, aus einem der grossen Hoden von Mitte August, zeigt die Spermatogenese auf ihrem Höhepunkt. Die Spermatogonien (*d*) sind naturgemäss vermindert, da aus ihnen ja die Zellcolonien entstanden sind. Auch die kleinen Colonien (*g*), die ersten Generationen aus den Spermatogonien, sind nicht mehr so häufig wie im Juli. Aber die grossen Spermatocysten (*h*) sind noch zahlreich. Ebenso sieht man die Colonien häufig, welche aus den gestreckten Spermatiden bestehen, der letzten Generation der Abkömmlinge der Ursamenzellen. Es sind stark cystisch gewordene Formen (*i*), die sich allmählich nach dem Canalinneren zu öffnen (*k*) und so Glockenformen (*l*) und durch engeres Aneinanderrücken ihrer Elemente nach der Wand zu die Schüsselformen (*m*) entstehen lassen.

Aus letzteren bilden sich durch weitere Streckung der Spermatiden und ihrer nach der Mitte der Schüssel zu gerichteten Protoplasmaanhänge lockere Bündel von Spermatozoen (*n*), die anscheinend durch Contraction des Protoplasma's der Tragezelle (*b*), in welche sie eingebettet sind, sich immer mehr schliessen, der Wand nähern und endlich zu den uns schon bekannten, festgeschlossenen Sammenständern ($a + b + c$) werden. Damit scheint der Formencyklus der Spermatogenese zum Abschluss gelangt zu sein.

d = Spermatogonien.
g und *h* = Spermatocytencolonien.
i = noch geschlossene Spermatidencolonie,
k = solche in Oeffnung begriffen.
l = Glocken- } Form, geöffnete Colonien.
m = Schüssel- }
n = in Formirung begriffene Spermatozoenhaufen.
a = geschlossene Kopfbündel }
b = Tragezellen } Samenständer.
c = Schwanzprotoplasma }

Fig. 4, ein Septemberhoden, zeigt uns dieses Bild der in allen Canälchen zum Abschluss gebrachten Production von Samenständern, das, wie schon erwähnt, sich während des Herbstes und Winters nicht wesentlich ändert. Ich kann also wegen der Einzelheiten auf Fig. 1 verweisen. Erwähnenswerth ist nur noch ein Unterschied zwischen den ersten Herbst- und den späten Wintermonaten, der darin besteht, dass im Herbst, besonders im September, das Protoplasma der Tragezellen noch ein weitmaschiges Netz (*o*) bildet, in dem die Kerne (*b*) zerstreut liegen, und dass die Samenständer noch nicht so eng aneinander geschlossen stehen, da der Hode noch nicht von dem grossen Augustvolum zu dem mittleren Wintervolum reducirt ist.

$a + b + c$ = Samenständer.
d = Spermatogonien.
o = protoplasmatisches Netz der Tragezellen.

Ueber das Verhältniss des Sympathicus zur Kopfverzierung einiger Vögel.

Von

Dr. med. J. Jegorow.

(Aus dem pharmakologischen Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

(Hierzu Taf. III.)

In einer früheren Arbeit[1] haben wir schon darauf hingewiesen, dass der Sympathicus die Blutcirculation in der Kopfverzierung, welche einige Vögel besitzen, stark beeinflusst. Vorliegende Abhandlung bringt eine eingehendere Erörterung dieser Frage. Zum Versuchsobject wählten wir den Truthahn, bei welchem die Kopfverzierung stärker entwickelt ist, als bei anderen, wenn auch zugänglicheren Vögeln.

Bekanntlich bedeckt die Kopfverzierung des Truthahns nicht nur den Kopf, sondern reicht sowohl nach vorn als nach hinten darüber hinaus. Vorn wird eine Art Anhängsel gebildet, hinten wird der Hals etwa bis zum 8. Halswirbel, also beinahe der halbe Hals von ihr bedeckt. Am Kopfe bildet die Verzierung eine Reihe von Falten und kleinen Höckern, welche nach hinten zum Halse hin in allen Dimensionen wachsen, so dass die grössten Höcker am unteren Rande der vorderen bez. unteren Halsfläche sich finden, wo sie zuweilen, je nach dem Alter und der Rasse, die Grösse einer Wallnuss und darüber erreichen. Hiermit im Einklang wechselt auch die Grösse des vorn über dem Schnabel befindlichen Anhängsels.

Beobachtet man das seinen gewöhnlichen Bedingungen nicht entzogene Thier, so sieht man die Kopfverzierung sehr oft ihre Grösse und Farbe

[1] Ueber den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLI.

wechseln. Wird das Thier gereizt, gleichviel ob der Reiz durch Seh- oder Gehörorgan zur Perception gelangt, so schwillt die Verzierung stark an und wird dunkelroth, stellenweise sogar violet schimmernd. Am auffälligsten geschieht das, wenn der Hahn durch die Nähe einer Henne geschlechtlich erregt wird, oder einem Gegner sich gegenüber befindet, mit dem er sich gewöhnlich in einen erbitterten Kampf einlässt. Die Schwellung geht so stark und schnell vor sich, dass A. Vulpian [1] sie mit der Schwellung cavernöser Körper der Geschlechtsorgane vergleicht und hierbei eine Theilnahme vasomotorischer Nervenfasern voraussetzt, obwohl er solche anatomisch nicht nachzuweisen suchte.

Bei vollkommen ruhigen Thieren wird die Kopfverzierung viel kleiner und blasser, so dass sie an der oberen Schädelfläche und an der oberen bez. hinteren Halsfläche milchweiss erscheint, wobei das stark contrahirte Anhängsel sich nach oben krümmt und über dem Schnabel als eine feste, runzelige, conische Erhöhung sichtbar bleibt.

Nachdem wir zufällig entdeckt hatten, dass der Sympathicus auf die Schwellung und Farbe der Verzierung einen Einfluss hat, suchten wir die Theilnahme dieses und auch anderer Nerven an diesen Veränderungen der Verzierung näher zu bestimmen.

Dem anatomischen Bau nach gleicht diese Verzierung cavernösen Körpern, wie die Beschreibung von M. v. Frey [2] beim Hunde und von S. Kostorew [3] beim Hahn uns lehren. Beim Truthahn ist jedoch der Bau der Verzierung complicirter als beim Hahn.

Behufs anatomischer Untersuchung kam das Praeparat auf zwei bis fünf Tage in $^1/_2$ procentige Essigsäurelösung, wonach es viel nachgiebiger und dehnbarer geworden war, weil das Bindegewebe bei solcher Behandlung stark aufquillt. Ein durch die Mitte der Verzierung gehender Schnitt lässt leicht und deutlich einen äusseren festeren und einen inneren lockeren Theil, der aus einem dichten Filz feiner Fäden (Gefäss und Nerven) besteht, erkennen, besonders wenn man das Praeparat etwas auseinander zieht (Fig. 1). Ohne Essigsäurebehandlung praesentirt sich dieser innere Theil wegen der grossen Menge der Bindegewebe und der vielen durchschnittenen Gefässe als ein stark poröses Gebilde. Hat man die Gefässe der Verzierung injicirt und hernach aus letzterer Schnitte angefertigt, so sieht man schon bei geringer Vergrösserung (Hartnack, Syst. 4, Oc. 3) aussen einen Epithel-

---

[1] *Leçons sur l'appareil vaso-moteur.* 1875. p. 166.

[2] Ueber die Einschaltung der Schwellkörper in das Gefässsystem. *Dies Archiv.* 1880.

[3] Beitrag zur Kenntniss der Lymphwege der Vögel. *Archiv für mikroskopische Anatomie.* 1867.

überzug und unter demselben ein dichtes Netz von Gefässen, welche stellenweise sich bedeutend erweitern. Diese Schicht entspricht vollkommen dem cavernösen Gewebe in Hahnenkämmen (Kostorew, a. a. O.). Auf diese Gefässschicht, wir wollen sie als „erste“ bezeichnen, folgt eine Schicht Bindegewebe, das zahlreiche elastische Fasern enthält und verschieden stark ist (Fig. 2). Hierauf folgt wieder eine Gefässschicht (die „zweite“), welche in Bezug auf die Zahl und Grösse der Gefässe viel mächtiger ist, als die erste und überhaupt die Hauptmasse der Verzierung ausmacht. Der Querschnitt der Gefässe in der zweiten Schicht ist bedeutend grösser als derjenige in der ersten; weiter sieht man, wie stärkere Gefässe sich spiralig winden und in ihrem Verlauf beträchtliche Erweiterungen bilden (Fig. 2). An Praeparaten, wo die Gefässe nicht injicirt sind, sehen wir in der zweiten Gefässschicht zahlreiche freie oder mit Blutkörperchen gefüllte Lücken, welche bald eine runde, bald eine ovale, bald eine sehr unregelmässige Form besitzen, was natürlich davon abhängt, wie die Gefässe vom Schnitt getroffen sind, ob an einer cylindrischen, oder erweiterten, oder aber an einer spiralig gewundenen Stelle. Ueber die Structur der Gefässwand ist nichts besonderes zu verzeichnen. Diese cavernöse Schicht steht mit der ersten durch gerade verschieden starke Gefässzweige, welche die Bindegewebsschicht durchsetzen, in Verbindung. Dem Hahnenkamm geht eine solche zweite Schicht vollständig ab. Das Anhängsel gleicht in seinem Bau der übrigen Verzierung, nur besitzt es unter der ersten Gefässschicht eine stark entwickelte Lage glatter Muskelfasern, welche nach der Längsaxe des Anhängsels liegen und sich untereinander verflechten. Die Muskelschicht tritt am besten hervor, wenn man durch das Anhängsel einen Längsschnitt führt, letzteren auseinander zerrt und die zweite cavernöse Schicht nebst Bindegewebe abtrennt, wonach die Muskelschicht in der Form eines Fischernetzes sichtbar wird.

Bezüglich der Nervenzweige, welche zusammen mit den Gefässen das beschriebene Flechtwerk bilden, kann ich gegenwärtig nur mittheilen, dass dieselben von Rückenmarksnerven abstammen; es sind die vorderen Zweige der am Halse durch die Zwischenwirbellöcher tretenden Nerven. Wie wir später sehen werden, kreuzen die Nerven sich mit den Verdickungen des Sympathicus. Die Nervenzweige begleiten die Gefässe (Arterien und Venen), welche in die Verzierung treten und zerfallen mit denselben zusammen, und an ihren Wandungen verlaufend, in kleinere Aestchen (Fig. 1.) Besieht man sich die Nervenzweige (Hartnack, Syst. 4, Oc. 3), so bemerkt man, dass selbst kleinere von ihnen auch von Gefässen begleitet sind, welche zu beiden Seiten des Nervenzweigleins verlaufen und dasselbe an einigen Stellen umschlingen. Ueber die Verzweigung der Nerven in der Gefässwand selbst hoffen wir bald Mittheilung machen zu können.

Die Anatomie des Halssympathicus der Vögel ist noch wenig bearbeitet. In unserer oben citirten Abhandlung haben wir schon darauf hingewiesen, dass hier im Vergleich zu den Säugethieren bedeutende Unterschiede vorliegen. Die Litteratur dieser Frage ist sehr spärlich. Ausser den kurzen Notizen von Cuvier und Tiedemann besitzen wir hierüber die Monographie von E. Weber,[1] unsere eigenen Angaben und schliesslich noch die in neuester Zeit veröffentlichte Arbeit von R. Morage.[2] In Folge dessen und da unsere physiologischen Versuche am Halssympathicus ausgeführt sind, würde das Verhältniss derselben leiden, wenn wir nicht hier die anatomische Lage und das Verhältniss dieses Nerven zu anderen Gebilden angäben.

Nach dem Verlassen der Brusthöhle nähert sich der Sympathicus der Mittellinie und verläuft zusammen mit den Halsgefässen (Arteria et Vena vertebralis) im Querfortsatzcanal der Halswirbel zum Schädel. Er liegt vor und etwas nach innen, d. h. der Mittellinie zu, von den durch die Dünne ihrer Wandungen sich auszeichnenden Gefässen, bildet in seinem Verlauf gegenüber den Intervertebralöffnungen Verdickungen, durch welche Rückenmarksnervenzweige treten (Fig. 3). Ausser diesen, so zu sagen, constanten Knoten finden sich im Sympathicus zuweilen eine oder zwei sowohl ihrer Lage als Grösse nach wechselnde Verdickungen. Am häufigsten trifft man letztere am mittleren oder oberen Drittel und dann in der Mitte zwischen den beständigen Knoten an. Zum Schädel hin wird der Sympathicus dünner. Nach dem Durchtritt durch die Querfortsatzöffnung des dritten Halswirbels zieht er nach aussen und vorn zwischen den vom Hinterhauptsbeine ihren Anfang nehmenden Muskeln hindurch, erreicht die Ausgangsstelle des Vagus und Glossopharyngeus, wobei er unter dem ersteren, ihn fast unter rechtem Winkel kreuzend, hinzieht, und tritt in den obersten Halsknoten und zwar an der unteren und hinteren Fläche desselben, wenn man sich das Thier auf den Füssen stehend denkt. Der Knochencanal, in welchem sich der Sympathicus und die Gefässe (Arterie und Vene) bei Vögeln befindet, wird von den Querfortsätzen der Halswirbel und von den von diesen abgehenden Knochenplatten gebildet. Wie ich schon in meiner früheren Arbeit (a. a. O.) angegeben habe, sind diese Knochenplatten bei verschiedenen Vögeln verschieden stark entwickelt. Da beim Truthahn an der Bildung des Transversalcanals nur die Querfortsätze sich betheiligen, so erweisen sich die Lücken in demselben als verhältnissmässig gross, wodurch der Zutritt zum Sympathicus wesentlich leichter wird. Diese Lücken nehmen der

[1] *Anatomia comparata nervi sympathici.* Lipsiae 1817.

[2] Anatomie descriptive du sympathique des oiseaux. *Annales des Sciences naturelles.* 1889. Vol. VII. Nr. 1—2.

Grösse der Halswirbel entsprechend, zum Kopfe hin an ihrer Ausdehnung ab.

Sowohl die Gefässe als auch der Sympathicus befinden sich am Halse in einer festen elastischen, bindegewebigen Kapsel (sie glänzt, wenn sie freigelegt ist), welche ihnen, besonders an den Lücken des Knochencanals, hinreichend Schutz gewährt. Von der Vertebralarterie gehen kleine Zweige an den Zwischenwirbelwirbellöchern ab, welche theils in diese in Begleitung von Venen treten, theils aber in den an die Querfortsätze sich anheftenden Muskeln sich verzweigen.

Der Sympathicusstamm selbst giebt gewöhnlich keine Zweige ab, ausser dass von seinem obersten Theil ein verhältnissmässig starker Ast zwischen den Muskeln hindurch in Verbindung mit dem hier befindlichen Nervengeflecht tritt und dann zu den grossen Halsgefässen in der Gegend der Unterkiefergrube geht. Anders ist es mit den Verdickungen, von denen gewöhnlich einige sehr dünne Aestchen zur Gefässwandung, sowohl der Art. und Vena vertebralis als auch der in die Zwischenwirbelöffnungen ziehenden Gefässe treten. Ausserdem ziehen von einigen Sympathicusknoten dickere Zweige nach vorn und innen zu den in einer Knochenvertiefung in der Mittellinie des Halses und von den Muskeln des letzteren bedeckten Carotiden. Makroskopisch stellt sich das Verhältniss zwischen den Rückenmarkszweigen und den Sympathicusknoten wie folgt dar: nachdem der Rückenmarksnerv das Zwischenwirbelloch verlassen und das Ganglion gebildet hat, theilt er sich in zwei Hauptäste, von denen der eine (hintere) auf die hintere Halsfläche tritt, der andere (vordere) aber mit dem Sympathicusknoten sich kreuzt, wobei eine ziemlich innige Verbindung zwischen diesen Gebilden stattfindet. Betrachtet man die Kreuzungsstelle bei geringer Vergrösserung, nachdem sie nach Möglichkeit vom Bindegewebe befreit worden, so erkennt man, dass der Rückenmarksnerv öfter oberhalb bez. ausserhalb des Sympathicusknotens verläuft, oder, wenn auch bedeutend seltener, letzteren von beiden Seiten umfasst. Beim Praepariren mittels Nadeln bemerkt man, wie einige Fasern der Rückenmarksnerven in den oberen und unteren Theil des Knotens treten und in dem Sympathicus nach oben und unten bez. zum Kopf und zum Rumpf hin weiter verlaufen. Die Zahl solcher Fasern ist nicht besonders gross. Diese Zugesellung der Rückenmarksnervenfasern zum Sympathicus sieht man noch deutlicher, wenn man das Praeparat mit Osmiumsäure behandelt und gehärtet hat und nun eine Serie von Schnitten anlegt, welche parallel den Fasern der beiden Nerven und dem Längsdurchmesser des Ganglions gehen (Fig. 4). An solchen Praeparaten bekommt man noch Nervenfasern zu Gesicht, die vom Sympathicus oder richtiger vom Ganglion zum peripheren Theil des Rückenmarksnerven treten. Sie gehen gewöhnlich vom oberen und unteren Theil des Knotens

ab, machen einen ziemlich steilen Bogen und treten in den Rückenmarksnerven, sich mit den Fasern des letzteren vermischend. Zuweilen fanden wir, dass derartige Fasern vom oberen und unteren Theil des Knotens in der Form von zwei ganz isolirten Bündeln abgingen und zwar in einiger Entfernung von der Kreuzungsstelle des Rückenmarksnerven mit der Verdickung. Diese Bündel verlaufen zuerst ganz isolirt, biegen dann kurz zum peripheren Theil der Rückenmarksnerven um, treten in denselben und verlieren sich unter dessen zur Peripherie hin verlaufenden Fasern. An der Stelle, wo die Fasern dieser Bündel auf die Fasern der Rückenmarksnerven stossen, finden sich Nervenzellen welche gleichfalls einen zweiten, oder accessorischen Knoten bilden (Fig. 4, a). Es ist nicht möglich den weiteren Verlauf dieser sympathischen Nervenfasern anatomisch zu ververfolgen. Höchst wahrschenlich ziehen sie aber mit den Rückenmarksnerven zur Periphiere (zu den Höckern der Verzierung) und verzweigen sich zusammen mit den zahlreichen Gefässen, welche ja einen Bestandtheil der Verzierung ausmachen und dort das von uns beschriebene Flechtwerk (Fig. 1) bilden. In unseren physiologischen Versuchen werden wir hierfür schwerwiegende Beweise beibringen. Unser Befund über das Verhältniss des Sympathicus zu den Rückenmarksnerven stimmt nicht mit den von A. Onodi[1] über denselben Gegenstand überein. Obgleich er an anderen Vögeln (Hahn, Falke u. s. w.) gearbeitet hat, scheint uns doch seine Beschreibung nicht ganz zutreffend zu sein, weil wir ebenfalls Gelegenheit hatten, eines seiner Versuchsobjecte (Hahn) zu untersuchen und doch nicht das, was er abgebildet, finden konnten. Doch werden wir später auf diesen Gegenstand näher eingehen.

Ausser den zwei grösseren Aesten giebt der Rückenmarksnerv noch einige kleinere Zweige ab. Ein Theil derselben meidet den Sympathicus ganz, ein anderer aber legt sich demselben eine Strecke weit an, obgleich ein innigerer Zusammenhang zwischen denen, wie es scheint, nicht zu Stande kommt, soweit die mikroskopische Untersuchung bei geringer Vergrösserung uns Aufschluss zu ertheilen vermag. Die Grösse, Form und anatomische Lage des obersten Halsknotens haben wir in unserer bereits mehrfach citirten Arbeit ziemlich eingehend erörtert. Da unsere diesbezüglichen Resultate aber bedeutend von denen R. Morage's (a. a. O.) abweichen, so müssen wir doch auch hier noch darauf eingehen. Morage untersuchte Enten, Fasane, Störche, Tauben und Raubvögel,[2] wir aber Truthähne, Hähne und theilweise Tauben. Sollte die Differenz in unseren Resultaten

---

[1] A. Onodi, Ueber das Verhältniss der cerebrospinalen Faserbündel zum sympathischen Grenzstrang. *Dies Archiv.* 1884. Anat. Abthlg.

[2] Les rapaces. A. a. O..

von Verschiedenheit der Untersuchungsobjecte abhängen, so wird eine detaillirte Beschreibung der in Frage stehenden Gebilde um so wünschenswerther sein. Auf unsere frühere Arbeit verweisend wollen wir hier doch kurz das Wesentlichste über diesen Gegenstand hervorheben.

Unsere Untersuchung wurde mittels einer Lupe an in einer $^1/_2$ procentigen Essigsäurelösung befindlichem Praeparate vorgenommen.

Der oberste Halsknoten liegt etwas hinter und unter dem Unterkieferwinkel, weshalb, um ihn zu erreichen, man am besten thut, wenn man das Zungenbein und den Unterkieferwinkel entfernt. Zerzupft man vorsichtig, ohne die zahlreichen Gefässe zu verletzen, das Bindegewebe, so stösst man auf zwei ziemlich starke Nervenstämme, von denen der vordere, dem Schnabel näher liegende, der Glossopharyngeus, der hintere aber der Vagus ist. Zwischen beiden, an der Eintrittsstelle dieser Nerven in die Schädelwand, befindet sich der oberste Halsknoten und zwar so, dass er einerseits dem Glossopharyngeus dicht anliegt (mit ihm verschmilzt) und andererseits unmittelbar an den Vagus stösst. Ueber dem Knoten (wenn der Kopf des Thieres mit der entgegengesetzten Fläche auf dem Tisch liegt) verläuft der Facialis, der zur Seite gezerrt werden muss (Fig. 5). Der Knoten besitzt eine unregelmässig dreieckige Form, wobei der kürzeste und dickste Rand zum Schädel und der ihm gegenüber befindliche Winkel gerade nach unten (zum Hals hin) gerichtet ist. Der grösste Durchmesser des Knotens beträgt 5^{mm}, seine Breite am oberen Rande $3 \cdot 5^{mm}$ und seine Dicke $2 \cdot 5^{mm}$. Als untere Grenze des Knotens kann man schon die Anastomose, welche schief vom Glossopharyngeus zum Vagus verläuft, ansehen. Mit dem Glossopharyngeus ist der Knoten so eng verbunden, dass eine Trennung ohne Laesion der einen oder des anderen unmöglich ist. Die mikroskopische Betrachtung von Schnitten durch diese Vereinigungsstelle ergiebt, dass der Glossopharyngeus einen Theil des Knotens umfasst, obgleich kein Faseraustausch zwischen beiden stattfindet, im Gegentheil beide von einander scharf abgegrenzt erscheinen. Die Berührungsstelle zwischen dem Vagus und dem Knoten ist nur vom Bindegewebe eingenommen, weshalb eine Trennung beider Gebilde ohne grosse Mühe zu bewerkstelligen ist. Somit ist die Form, die Lage des Knotens und sein Verhältniss zum Vagus und Glossopharyngeus beim Truthahn ganz verschieden von dem, was R. Morage bei oben aufgezählten Vögeln beschrieben hat. Ebenfalls geht dem Truthahn und dem Haushahn ein dem Vagus und dem Glossopharyngeus gemeinschaftliches Ganglion, welches R. Morage in seiner Arbeit beschrieben und abgebildet hat,[1] ab. Praeparirt man den Knoten recht vorsichtig unter der Essigsäurelösung, so bekommt man sehr dünne von der äusseren

---

[1] A. a. O. Pl. I. Fig. 3 et 4.

Fläche des Knotens nach verschiedenen Richtungen abgehende Nervenzweiglein zu Gesicht (Fig. 5). Von denselben sind als mehr constante zu vermerken: ein Zweig, welcher zum Vagus tritt und in diesem Nerven verschwindet, ein (oder zwei) Zweige, zur Anastomose zwischen Vagus und Glossopharyngeus, welcher auch in den ersteren Nervenstamm aufgeht, ein Zweig zum etwas unterhalb gelegenen Glossopharyngeusstamm. Zuweilen verbindet sich dieser letzte Zweig mit einem Aestchen aus dem Glossopharyngeus, das oberhalb des Ganglion entspringt und unterhalb desselben wieder mit dem Glossopharyngeusstamm verschmilzt. Von diesem Aste gehen bisweilen Nervenfäden zu den hier befindlichen Gefässen. Um den Nervenknoten weiter auszupraepariren, wird es nothwendig, die soeben erwähnten Zweige zu durchschneiden oder stark zur Seite zu zerren, ein Stück vom Vagus an seiner Austrittsstelle aus dem Schädel zu entfernen und den Facialis nach Möglichkeit zur Seite zu schieben. Jetzt treten andere, viel stärkere Nervenfasern des Knotens zu Tage (Fig. 6). Zum Schädel hin gehen zwei bedeutendere Aeste ab. Ein mehr nach hinten (normale Kopflage des Thieres) gelegener dieser Aeste geht zuerst mit dem Glossopharyngeus, tritt dann zusammen mit dem Facialis in den Knochencanal, verläuft an der hinteren und oberen Wand des knöchernen Gehörganges nach vorn, wird mehr oberflächlich und erreicht unweit des Ganglion Gasseri die beiden ersten Trigeminusäste, mit welchen er nun weiter seinen Weg fortsetzt. Der zweite vordere Ast tritt bald nach seinem Ursprunge aus dem Knoten in einen Knochencanal, verläuft theils an der unteren Wand des Gehörganges und erreicht zusammen mit der Carotis interna die Schädelhöhle. Durch diese bald in knöcherne Canäle eintretenden Zweige wird der oberste Halsknoten so in seiner Lage fixirt, dass er ohne Zerreissung dieser Theile besonders nach unten, nicht verschoben werden kann.

Ein dritter, stärkerer Ast geht vom hinteren oder hinteren-oberen Rande des Ganglions ab. Derselbe verläuft nach hinten und unten und tritt in den Querfortsatzcanal der Halswirbel. Es ist der Halssympathicus, den wir schon hinreichend beschrieben haben. Ein vierter im Vergleich zu den vorhergehenden schon dünnerer Ast entspringt vom unteren sehr ausgezogenen Winkel des Knotens, zerfällt aber bald in mehrere Zweige, welche nach unten verlaufen und an die Carotiden und die Vena jugularis treten. Zuweilen gehen vom unteren Winkel des Knotens mehrere kleine Zweige ab, so dass derselbe wie zerfasert aussieht. Ausser den beschriebenen treten vom Knoten noch einige sehr dünne Zweiglein zu den hier befindlichen zahlreichen Gefässen.

Gleiches Verhalten zeigt nach unseren Untersuchungen der oberste Halsknoten beim Hahn und bei der Taube.

Die Freilegung des Sympathicus ist von uns zwar in unserer früheren

Arbeit bereits beschrieben, wir halten aber eine kurze Angabe hier über diesen Gegenstand für durchaus nicht überflüssig, da bei dieser Operation bedeutende technische Schwierigkeiten zu überwinden sind. Beim Hautschnitt kann man sich nach den leicht durchzufühlenden Querfortsatzenden der Halswirbel richten. Die Haut und der Unterhautmuskel wird nach der Länge des Halses durchschnitten, worauf rechts die Enden zweier benachbarter Querfortsätze zu sehen sind (links müsste man erst den Oesophagus und die Trachea zur Seite schieben). Fühlt man nach, so findet man, dass vom oberhalb gelegenen Halswirbel nach unten und innen ein langer (2 bis 2·5 cm[1]) dünner Knochenfortsatz abgeht. Nun entfernt man mit Hülfe einer Scheere die an den Querfortsatz des unteren Halswirbels sich anheftenden Muskeln, zieht die Weichtheile zur Seite und stillt dann die hierbei stets durch Verletzung kleiner Arterien entstehende Blutung. Hat man den langen Fortsatz des oberhalb gelegenen Halswirbels abgetastet, so durchschneidet man die Muskeln parallel ihrer Faserung, so dass der lange Fortsatz näher zur Mittellinie des Halses bleibt, d. h. wir durchschneiden die Muskeln in einer Linie, welche in der Mitte zwischen der Linie, die die Querfortsatzenden verbindet, und dem langen nach innen zu gelegenen Fortsatz liegt. Schlägt man die Muskeln nach beiden Seiten zurück, so stossen wir in der Tiefe auf ein glänzendes Bündel, die die Vertebralgefässe und den Sympathicus enthaltende Kapsel.

Hat man die Kapsel der Länge nach, was sehr vorsichtig geschehen muss, geöffnet, so sieht man die Gefässe und neben ihnen den Sympathicusstamm (Fig. 3). Im Uebrigen geht man wie allgemein bekannt vor, nur muss ich hervorheben, dass bei der Isolation des Nerven grosse Vorsicht nöthig ist, weil die Gefässe besonders dünne und zarte Wände besitzen. Die Blutung aus den Gefässen ist schwer zu stillen, der Versuch selbst nicht mehr rein, weil die nachherigen Manipulationen sehr schwierig werden.

Unsere Versuche sind fast alle an Truthähnen[2] angestellt, theils ohne jegliche Narkose, theils wurde aber Curare angewandt und zwar in Form einer Lösung (8 mgrm auf 1 ccm Wasser), welche in eine Fussvene injicirt wurde. Auf 1 Kilo Thier kam 1 ccm dieser Lösung.

Die Nerven wurden entweder mechanisch (Kneifen oder Zuschnüren der Ligatur) oder aber elektrisch gereizt. Zum letzteren Zwecke benutzten wir ein frisch gefülltes Grenet'sches Element und den Inductionsapparat

---

[1] Beim Truthahn gehen diese Fortsätze von der Abgangsstelle der Querfortsätze vom Wirbelkörper nach unten und nähern sich mit ihren freien Enden der Mittellinie. Bei anderen Vögeln, z. B. beim Hahn, haben diese Fortsätze eine etwas andere Richtung und betheiligen sich an der Bildung des knöchernen zur Aufnahme der Gefässe und des Sympathicus bestimmten Transversalcanals.

[2] Eine geringe Anzahl von Versuchen wurde an Hähnen und Tauben angestellt.

von du Bois-Reymond. Die Stromstärke wird bei jedem Versuch angegeben sein. Gewöhnlich kamen Drahtelektroden zur Anwendung. Lag der Sympathicus tiefer, so wurden die isolirten Drähte in ein etwas gebogenes Glasrohr gethan, wodurch es leicht wurde, dem Nerven beizukommen.

Vor allen Dingen interessirten wir uns für den Einfluss des Sympathicus auf die Blutcirculation in der Kopfverzierung. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, suchten wir den Sympathicus viel tiefer, als die untere Grenze der Halsverzierung reicht, auf, durchschnitten ihn und reizten ihn elektrisch. Das Protokoll eines dieser Versuche soll hier angeführt werden.

Versuch I.

15. Januar 1889. Junger 3570 ^{grm} schwerer Truthahn. Nachdem die Tracheotomie ausgeführt, erhielt das Thier 3·5 ^{ccm} Curarelösung in eine Fussvene, und es wurde künstliche Athmung eingeleitet.

11 Uhr — Min. Der linke Sympathicus am 10. Halswirbel auspraeparirt. Während der Praeparation sieht man die Verzierung an derselben Seite stellenweise erbleichen. Als die Ligatur um den Sympathicusstamm zugeschnürt wurde, erblasste die Verzierung etwas. Das Nervenende zum Kopf hin isolirt. Als der Nerv durchschnitten wurde, röthete sich die linke Hälfte der Verzierung sehr stark, so dass die hiermit in Verbindung stehende Temperaturerhöhung sogar mit der Hand festgestellt werden konnte. Die Röthung reicht nicht über die Mittellinie hinaus, sondern beschränkt sich nur auf die linke Hälfte (Fig. 7). Die Bindehaut vom linken Auge ist ebenfalls stark geröthet.

11 Uhr 15 Min. Reizung des Kopfendes vom linken Sympathicus bei 20 ^{cm} Spiralenabstand, 15 Secunden lang. Es erfolgte ein starkes Erblassen der Verzierung am Kopf und Halse linkerseits, Anschmiegen der Fasern am Halse zwischen der Verzierung und der Operationswunde an die Haut, Verkürzung des Anhängsels, wobei seine Spitze nach oben ging und es selbst nach links hinüberneigte, da nur seine linke Seite die soeben angegebenen Veränderungen zeigte (Fig. 8). Die Pupille unverändert. Die Blässe dauert etwa eine Minute, alsdann tritt wieder Röthung ein, und zwar zuerst an den Seitenflächen des Halses, etwas oberhalb der untersten Höcker. Es werden hier kleine rothe Inseln sichtbar, deren Zahl und dann auch Grösse allmählich zunimmt, somit scheint die Röthung von unten nach oben zu gehen. Das Anhängsel behält noch einige Zeit seine Form bei, wird aber doch ebenfalls bald schlaff und roth. Die Röthung erfolgt in $3^1/_2$ Minuten.

11 Uhr 22 Min. Die Röthung ist vollkommen und sogar stärker als gleich nach dem Durchschneiden des Sympathicus. Die Farbe der Verzierung ist links hellroth, stellenweise mit einem grünlich-bläulichen Anflug (an Ohr, Augenlidern und dem Grunde des Anhängsels).

11 Uhr 25 Min. Die Reizung bei 30 ^{cm} Spiralenabstand wiederholt. Es erfolgte Bewegung der Federn und eine unbedeutende des Anhängsels, jedoch nur, als die Elektroden an den Nerv gelegt wurden. Während der 30 Secunden lang dauernden Reizung keine Veränderung zu vermerken.

11 Uhr 30 Min. Reizung des Sympathicus bei 10 ^{cm} Spiralenabstand, 15 Secunden lang. Die Erscheinungen wie bei der ersten Reizung, nur stärker. Das Anhängsel zog sich über dem Schnabel zusammen und neigte sich nach links. Die Verzierung wurde fast milchweiss, besonders an der unteren und hinteren Halsfläche. Ausserdem öffnet sich das bisher geschlossene Auge und zwar hauptsächlich durch Herabgehen des unteren Augenlides. Das Auge halb geöffnet, die Pupille unverändert. Die Erblassung hält etwa eine Minute an, worauf, wie das erste Mal, Röthung, aber schneller als damals fortschreitend, eintritt. Das Anhängsel erschlafft ziemlich langsam.

11 Uhr 40 Min. Reizung des Sympathicus bei 20 ^{cm} Spiralenabstand, 30 Secunden lang. Erscheinungen wie das erste Mal, nur etwas später eintretend und nicht so vollständig. Die Erblassung hält sich nicht so lange und die Röthung erfolgt schneller. Während der Reizung bemerkt man, wie das Anhängsel nach Anlegen der Elektroden sogleich sich zu contrahiren anfängt, darauf aber damit anhält, sogar wieder etwas zu erschlaffen scheint, worauf wieder Contraction, dann Stillstand und geringe Erschlaffung u. s. w. auftritt. Besonders deutlich sieht man das, wenn man die Elektroden längs dem Nerven bewegt. Aehnliches tritt bei der Bewegung der Halsfedern auf.

Während des ganzen Versuchs sieht man, wie die Federn am Körper des Thieres sich hin und wieder aufrichten, obgleich die Curarewirkung fortbesteht und Bewegungen anderer Körpertheile ausbleiben.

12 Uhr — Min. Der rechte Sympathicus in der Höhe des 10. Halswirbels durchschnitten.

12 Uhr 5 Min. Röthung der Verzierung rechts, jedoch etwas schwächer als links.

12 Uhr 7 Min. Die 15 Secunden währende Reizung des rechten Sympathicus bei 20 ^{cm} Spiralenabstand ruft dieselbe Erscheinung hervor, wie die erste Reizung linkerseits.

12 Uhr 15 Min. Beiderseitige, 20 Secunden währende Reizung der Sympathici bei 15 ^{cm} Spiralenabstand. Gleich nach dem Anlegen der Elektroden tritt Bewegung der Federn auf, dann erblasst die Verzierung (rechts stärker). Die Contraction des Anhängsels ist sehr stark. Seine Spitze biegt sich nach oben und zurück, selbst erhält es die Form einer conischen Erhöhung über dem Schnabel. Beide Augen halb geöffnet. Nach der Reizung hält sich die Blässe noch eine halbe Minute, worauf schnelle Röthung anfängt. Links wird die Verzierung schneller roth als rechts.

Während des ganzen Versuchs wurden die Pupillen beaufsichtigt. Eine Veränderung derselben war aber nicht festzustellen.

Diese Versuche beweisen, dass der Sympathicus bei Truthähnen Verengerung der Hals- und Kopfgefässe bewirkt. Aehnliches hat N. Kowalewsky[1] bei der Katze beobachtet. Doch, wie wir später finden werden, besteht bei diesen beiden Thieren keine vollständige Analogie. Hier wollen wir nur anführen, dass im Truthahnsympathicus keine gefässerweiternden

---

[1] Beobachtungen über die Blutcirculation in der Haut. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* Wien 1885. Nr. 15.

Fasern vorhanden sind, wohl aber bei der Katze. Ebenfalls fehlen dem Truthahnsympathicus, wie wir es schon früher (a. a. O.) bewiesen haben, pupillenerweiternde Fasern.

Da ein directer Zusammenhang der Sympathicusfasern mit den Gefässen anatomisch noch nicht nachgewiesen ist, so wird man natürlich die Frage aufwerfen, wie der Reiz zu diesen Gefässen gelangt. Liegt hier nicht ein Reflex vom Sympathicus zum vasomotorischen Centrum und von hier aus schon zu den Gefässen der Verzierung vor? Bei solcher Sachlage müssen wir denselben Effect an den Gefässen der Verzierung nicht nur vom Sympathicus, sondern von jedem sensiblen Nerven aus erhalten, wie das auch von N. Kowalewsky (a. a. O.) für die Katze nachgewiesen wurde. Von den in dieser Richtung von uns vorgenommenen Versuchen wollen wir zwei hier vorführen.

Versuch II.

31. Januar 1889. Ein 4750 ^{grm} schwerer Truthahn. Tracheotomie. Der linke Ischiadicus freigelegt und in eine Ligatur gefasst. Der linke Sympathicus im Niveau des 8. Halswirbels freigelegt. Das centrale Ende der linken Carotis am Halse mit dem Kymographionrohr verbunden. Als der Sympathicus an der angegebenen Stelle durchschnitten wurde, erfolgte links eine starke Röthung der Verzierung. Nachdem das Thier sich schon beruhigt, beträgt der Blutdruck 120 ^{mm} Hg.

1 Uhr 15 Min. Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes bei 15 ^{cm} Spiralenabstand, 5 Secunden lang. Der Blutdruck fing sogleich an in die Höhe zu gehen und betrug bald 216 ^{mm} Hg. Keine Veränderung der Verzierung. Während der Reizung Contractionen und Erschütterung des ganzen Körpers. Zu Anfang der Reizung tritt an beiden Pupillen eine ziemlich bedeutende Erweiterung auf, welche einige Secunden anhält, wonach die Pupillen wieder ihre gewöhnliche Weite erhalten.

1 Uhr 20 Min. Reizung des näher zum Kopfe gelegenen Endes vom Sympathicus bei gleicher Stromstärke 10 Secunden lang. Es erfolgten: starke Erblassung der Verzierung links, Bewegung der Federn und des Anhängsels, bei unveränderter Pupille war das linke Auge halb geöffnet. Der Blutdruck stieg von 124 ^{mm} Hg auf 134. Die Curve steigt sehr allmählich. Das Thier äussert während der Reizung seinen Schmerz durch Bewegungen. Die Blässe hält zwei Minuten nach der Reizung noch an und verschwindet dann wie früher. Die hierauf folgende Röthung ist viel intensiver als nach dem Durchschneiden des Sympathicus.

1 Uhr 40 Min. Wiederholung der Reizung des centralen Sympathicusstumpfes mit gleich starkem Strom, 10 Secunden lang. Die Erscheinungen an der Verzierung, dem Anhängsel und dem Auge wie vorhin, nur in etwas geringerem Grade, auch hielt die Blässe sich nicht so lange. Der Blutdruck stieg allmählich von 126 bis auf 132 ^{mm} Hg. Die Röthung fängt unten am Halse an und verbreitet sich von hier aus auf den Kopf. Nur das Anhängsel wird etwas früher roth als der Kopf.

1 Uhr 50 Min. Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes mit gleichstarkem Strom 5 Secunden lang. Der Blutdruck stieg von 150 ^{mm} Hg sogleich auf 228 ^{mm} Hg (Fig. 9). Unregelmässige Herzschläge. Keine Veränderung der Verzierung und des Anhängsels. Die Pupille, wie das erste Mal, unverändert.

1 Uhr 57 Min. Reizung des centralen (Kopf-) Sympathicusstumpfes links mit gleich starkem Strom 10 Secunden lang. Die Erscheinungen an der Verzierung, dem Anhängsel und dem Auge wie früher, nur in etwas geringerem Grade. Der Blutdruck erlitt keine Veränderung.

2 Uhr 5 Min. In die Fussvene wurden 45 ^{cm} Curarelösung injicirt. Der Blutdruck sank von 150 auf 100 ^{mm} Hg, stieg dann auf 196 und fiel darauf wieder bis auf 144 ^{mm} Hg, um welche Zahl sie dann schwankte. Künstliche Athmung. Der linke Sympathicus wurde um einen Halswirbel höher (zum Kopfe hin) in Ligatur gefasst. Ein im Kymographionrohr sich findendes Blutgerinnsel entfernt.

2 Uhr 25 Min. Reizung des linken Sympathicus bei 25 ^{cm} Spiralenabstand 10 Secunden lang. Die Veränderungen an der Verzierung sehr schwach. Die Federn und das Anhängsel bewegen sich nur beim Anlegen der Elektroden an den Nerven. Der Blutdruck unverändert.

2 Uhr 28 Min. Reizung bei 20 ^{cm} Spiralenabstand wiederholt. Die Erscheinungen schon etwas intensiver. Der Blutdruck unverändert.

2 Uhr 32 Min. Die Reizung bei 15 ^{cm} Spiralenabstand rief dagegen ebenso starke Erscheinungen herbei, wie das erste Mal (1 ^{h} 20 Min.). Die darauf folgende Röthung trat jedoch schneller ein. Während der Reizung das Auge halbgeöffnet, die Pupille aber unverändert. Der Blutdruck stieg von 146 auf 150 ^{mm} Hg.

2 Uhr 40 Min. Die Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes bei 15 ^{cm} Spiralenabstand 10 Secunden lang hatte keine Veränderung der Verzierung oder des Anhängsels zur Folge. Der Blutdruck stieg von 182 schnell auf 226 ^{mm} Hg. Die Veränderungen der Pupille wie früher.

Das nicht narkotisirte Thier scheint während der Reizung des Sympathicus Schmerzen zu empfinden, wenigstens treten in der Umgebung der Reizungsstelle reflectorische Muskelcontractionen auf.

Versuch III.

1. Februar 1889. Ein 4350 ^{grm} schwerer Truthahn. Tracheotomie. Der linke Sympathicus freigelegt und zweimal im Niveau des achten und neunten Halswirbels durchschnitten und das Ende zum Kopf hin isolirt, ebenfalls das zum Rumpf hin (wir wollen es als unteres Ende bezeichnen). Nach der Durchschneidung erfolgte, wie gewöhnlich, Röthung der Verzierung an der entsprechenden Seite. Das centrale Ende der linken Carotis am Halse mit dem Kymographion verbunden. Der Blutdruck schwankt um 182 ^{mm} Hg herum.

12 Uhr 10 Min. Reizung des oberen Sympathicusendes bei 15 ^{cm} Spiralenabstand 10 Secunden lang. Es traten die gewöhnlichen Erscheinungen links auf: Bewegung der Federn und des Anhängsels, Blässe der Verzierung. Oeffnung der Augenlider. Der Blutdruck stieg etwas (186 ^{mm} Hg). Die Blässe hielt sich zwei Minuten lang, worauf Röthung und zwar intensiver als sie vordem, beim Durchschneiden des Sympathicus gewesen war.

12 Uhr 17 Min. Reizung des unteren Sympathicusstumpfes mit gleich starkem Strom 10 Secunden lang. Keine Veränderungen der Verzierung, des Anhängsels,

der Augenlidspalte. Der Blutdruck sinkt von 168 auf 144 mm Hg, steigt dann langsam auf 176 mm Hg, worauf wieder Erniedrigung bis zur Norm sich einstellt.

12 Uhr 25 Min. Reizung des oberen (Kopf-) Sympathicusstumpfes mit gleich starkem Strom, 10 Secunden lang. Die Erscheinungen gleich denen bei der ersten Reizung, nur in geringerem Grade. Der Blutdruck blieb auf ca. 166 mm Hg. Nach der Reizung tritt Röthung schneller ein als das vorige Mal.

12 Uhr 38 Min. Reizung des unteren Sympathicusstumpfes bei 10 cm Spiralenabstand. Seitens der Verzierung ist keine Veränderung zu vermerken. Der Blutdruck fiel schnell von 166 auf 126 mm Hg, worauf er langsam wieder anstieg, bis er die frühere Höhe erreichte (Fig. 10).

12 Uhr 45 Min. Wiederholung der Reizung. Keine Veränderung der Verzierung. Der Blutdruck ging von 168 auf 140 und dann allmählich bis auf 196 mm Hg.

12 Uhr 49 Min. Entfernung eines Blutgerinnsels aus der Carotis. Dem Thier wurden 45 ccm Curarelösung durch die Fussvene beigebracht. Künstliche Athmung.

1 Uhr 15 Min. Reizung des oberen (Kopf-) Sympathicusstumpfes bei 15 cm Spiralenabstand, 10 Secunden lang. Es traten die bei dieser Reizung gewöhnlichen Erscheinungen auf. Der Blutdruck (188 mm Hg) blieb unverändert.

1 Uhr 22 Min. Reizung des unteren Sympathicusstumpfes mit gleichstarkem Strom und ebenso lang. Keine Veränderung in der Kopfverzierung. Der Blutdruck fiel von 186 fast sogleich auf 164 mm Hg und ging dann sehr langsam bis auf 194 mm Hg, worauf noch eine unbedeutende Abnahme erfolgte.

Die Reizung des Sympathicus wurde noch mehrmals wiederholt, ohne dass das Resultat sich verändert hätte.

Versuch IV.

14. Mai 1889. Ein 5000 grm schwerer Truthahn. Nach der Tracheotomie wurden dem Thier 5 ccm Curarelösung in die Fussvene injicirt. Der linke Sympathicus im Niveau des achten und neunten Halswirbels freigelegt und die beiden Enden, zum Kopf und zum Rumpf hin, abgetrennt. Ausserdem wurde der centrale Stumpf des N. axillaris sin. in eine Ligatur gefasst. Das centrale Ende der linken Carotis mit dem Kymographion verbunden. (Fortsetzung des Versuchs.)

1 Uhr 10 Min. Der Blutdruck beträgt 180 mm Hg.

1 Uhr 12 Min. Reizung des centralen Axillarisstumpfes bei 10 cm Spiralenabstand, 30 Secunden lang. Zugleich mit der Reizung fängt der Blutdruck an zu steigen, so dass er nach 17 Secunden schon 206 mm Hg betrug. Hierauf ging er langsam herunter und erreichte in der 30. Secunde die Höhe von 186 mm Hg. Während der Reizung waren keine Veränderungen der Verzierung bemerkbar. Die Pupille erweiterte sich zu Anfang der Reizung, wie es ja von der eines sensiblen Nerven zu erwarten war.

1 Uhr 19 Min. Der Blutdruck 170 mm Hg. Gleich lange und starke Reizung desselben Nerven. Der Blutdruck stieg bis zur 17. Secunde bis auf 192 und dann plötzlich noch, so dass er in der 20. Secunde 214 mm Hg betrug. Hierauf erfolgte Blutdruckerniedrigung bis zur 30. Secunde (Schluss der Reizung), wo derselbe 182 mm Hg war. Die Verzierung erlitt durch die Reizung keinerlei Veränderung. Die Pupille veränderte sich wie vorhin.

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die Reizung des unteren Sympathicus- und des centralen Ischiadicus- und des Axillarstumpfes bez. des centralen Nervensystems keine Wirkung auf die Gefässe der Kopfverzierung hat, obwohl eine Erregung des vasomotorischen Centrums, bewiesen durch die Blutdruckerhöhung in den grossen Gefässen (Carotiden), vorhanden ist. Im ersten Falle sinkt der Blutdruck anfangs sehr schnell, steigt dann allmählich bis zur Norm oder über dieselbe hinaus, im letzteren aber schnellt der Blutdruck zugleich mit dem Anlegen der Elektroden in die Höhe und hält sich während der ganzen Reizung hoch. Dagegen scheint die Reizung des oberen Sympathicusstumpfes gar nicht auf das vasomotorische Centrum überzugehen (wenigstens ändert sich der Blutdruck nicht in den grossen Gefässen), hat aber auf die Gefässe der Verzierung einen starken Einfluss d. h. macht sie contrahiren bez. verursacht Erblassung der Verzierung.

Somit ist wohl anzunehmsn, dass die Reizung des Sympathicus unvermittelt die Gefässe der Verzierung verrengt. Durch Vermittelung des Rückenmarks lässt sich dieses Resultat nicht erzielen (z. B. durch Reizung des centralen Ischiadicus- oder Axillarisstumpfes). Hieraus ist doch der Schluss erlaubt, dass dem Rückenmark solche Fasern abgehen, welche Verengerung der Verzierungsgefässe herbeizuführen im Stande wären. Bei Säugethieren (Katze) hat aber Kowalewsky (a. a. O.) solche gefässverengernde Fasern nachgewiesen.

Folgende Versuche werden uns noch mehr davon überzeugen, dass der Reiz vom Sympathicus unmittelbar zu den Gefässen der Verzierung gelangt.

Versuch V.

26. Januar 1889. Ein 4500 ^{grm} schwerer Truthahn. Tracheotomie. In die Fussvene werden 4·5 ^{ccm} Curarelösung injicirt. Künstliche Athmung. Der linke Sympathicus im Niveau des 10. Halswirbels freigelegt und durchschnitten, worauf, wie gewöhnlich, Röthung der Verzierung an der entsprechenden Seite erfolgte.

11 Uhr 3 Min. Der obere (Kopf-) Sympathicusstumpf 20 Secunden lang, bei 20 ^{cm} Spiralenabstand, gereizt. Blässe der Verzierung, Bewegung der Federn und des Anhängsels.

11 Uhr 15 Min. Der linke Sympathicus im Niveau des achten Halswirbels freigelegt und in Ligatur gefasst.

11 Uhr 17 Min. Der linke Sympathicus an dieser neuen Stelle 20 Secunden lang, bei 20 ^{cm} Spiralenabstand, gereizt. Dieselben Erscheinungen, wie das vorige Mal und ausserdem Oeffnen der Augenliedspalte.

11 Uhr 25 Min. Der linke Sympathicus im Niveau des sechsten Halswirbels freigelegt und in Ligatur gefasst.

11 Uhr 27 Min. Reizung des Nerven an dieser neuen Stelle 20 Secunden lang, bei 20 ^{cm} Spiralenabstand. Es erfolgte Erblassung der Verzierung mit

Ausnahme der unteren Partie, Bewegung des Anhängsels und Oeffnen der Augenlidspalte, wie vorhin.

11 Uhr 32 Min. Die Reizung mit demselben Resultat wiederholt.

11 Uhr 44 Min. Der linke Sympathicus im Niveau des vierten Halswirbels durchschnitten und in Ligatur gefasst.

11 Uhr 46 Min. Reizung des Nerven an dieser Stelle 20 Secunden lang, bei 20 cm Spiralenabstand. Nur am Kopf und an der demselben zunächst liegenden Halspartie Erblassung. Die Erscheinungen am Anhängsel und am Auge wie vorhin.

1 Uhr 52 Min. Wiederholung der Reizung. Das Resultat bleibt sich gleich.

Versuch VI.

10. Febuar 1889. Ein 4370 grm schwerer Truthahn. Tracheotomie. In die Fussvene 4·5 ccm Curarelösung injicirt. Künstliche Athmung. Rechts der oberste Halsknoten ausgerissen. (Diese Operation wurde nach der in meiner früheren Arbeit schon beschriebenen Methode vorgenommen). Diesmal gelang diese Operation besonders gut, fast ohne jeglichen Blutverlust. Danach Röthung der ganzen Verzierung rechts, wie nach Durchschneidung des Halssympathicus.

Der rechte Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels durchschnitten und in Ligatur gefasst. In der Verzierung keine Veränderung. (Zu bedauern ist, dass in diesem Protokoll Zeitangaben fehlen.)

Die Reizung des oberen Stumpfes vom rechten Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels bei 10 cm Spiralenabstand, 20 Secunden lang, hatte keine Veränderungen zur Folge. Wiederholung der Reizung bei 10 cm Spiralenabstand, 25 Secunden lang. Es erfolgte Bewegung der Federn und Erblassen der Verzierung, jedoch nur bis zur Gegend des Zungenbeines. Die Verzierung am Kopfe, sowie das Anhängsel erlitten keine Veränderungen.

Eine solche Reizung konnte mit gleichem Erfolg mehrfach wiederholt werden, nur waren stärkere Ströme und längere Reizungsdauer hier erforderlich.

Es wurde der rechte Sympathicus im Niveau des vierten Halswirbels freigelegt und das untere zum Rumpf näher gelegene Ende isolirt. Letzteres wurde darauf bei 20 cm Spiralenabstand, 30 Secunden lang, gereizt, ohne dass in der Verzierung eine Veränderung eingetreten wäre. Auch bei Wiederholung der Reizung mit stärkeren Strömen sahen wir keine Veränderung der Verzierung.

Reizten wir hierauf den rechten Sympathicus am zehnten Halswirbel in der Richtung zum Kopfe hin, so sahen wir bei 15 cm Spiralenabstand und 20 Secunden langer Dauer gar keine Veränderungen. Erst bei 7 cm Spiralenabstand erhielten wir locale Erblassung der Verzierung und zwar in der Mitte zwischen der Zungenbeingegend und der unteren Grenze der Verzierung. Die Blässe trat in verhältnissmässig geringer Ausdehnung auf. Bei der Verstärkung des reizenden Stromes (bis zu 5 und sogar 2 cm Spiralenabstand) wurde sie ebenfalls intensiver. Die Fasern bewegten sich bei jeder Reizung.

Versuch VII.

23. Februar 1889. Ein 5470 grm schwerer Truthahn. In die Fussvene wurden 5·5 ccm Curarelösung injicirt. Der linke Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels freigelegt, ebenfalls der linke Ischiadicus auspraeparirt,

durchschnitten und sein centrales Ende in Ligatur gefasst. (Fortsetzung des Versuchs. Keine Zeitangaben).

Auf 20 Secunden lange Reizung dieses linken Sympathicus bei 20 ^{cm} Spiralenabstand erfolgte Blässe der Verzierung an derselben Körperseite, Bewegung der Halsfedern und Contraction des Anhängsels, während die Augenlidspalte halb geöffnet wurde. Etwa 2 Minuten nach der Reizung stellte sich Röthung der erblasst gewesenen Verzierung, zuerst unten dann oben am Kopfe, ein.

Bei der Wiederholung der gleich starken und gleich langen Reizung wird die Verzierung links ebenfalls blass, aber langsamer, auch stellt sich darauf die Röthung schneller ein. Auf die Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes mit verschieden starkem Strom (bis zu 5 ^{cm} Spiralenabstand) erfolgte, wie in früheren Versuchen, gar keine Veränderung in der Färbung der Verzierung. Hierauf wurde der linke Sympathicus 30 Secunden lang bei 20 ^{cm} Spiralenabstand gereizt und, als sich links Blässe der Verzierung und Contraction des Anhängsels eingestellt hatten, sogleich die Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes vorgenommen. Letztere hatte jedoch gar keinen Einfluss auf die nach der Blässe sich einstellende Röthung, weder in Bezug auf die Ausdehnung und die Weiterverbreitung, noch auf die Zeit, wann die Röthung gewöhnlich einzutreten pflegte. Die Wiederholung derartiger Reizungen hatte stets dasselbe negative Resultat.

Es wurde nun mit einer Knochenscheere durch den linken äusseren Gehörgang etwas nach unten und hinten ein Schnitt mit der Absicht, die vom obersten Halsknoten in der Richtung zum Kopf hin verlaufenden Nervenzweige (siehe den anatomischen Theil und Figg. 4 und 4 a) zu durchtrennen, gemacht. Eine Blutung trat nicht ein.[1] Die hierauf vorgenommene Reizuug des linken Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels (25 Secunden lang bei 12 ^{cm} Spiralenabstand) gab am Halse Bewegung der Federn und geringe Blässe, während am Kopfe, am Anhängsel und an der Augenlidspalte keine Veränderungen wahrgenommen wurden.

Bei der Anwendung eines stärkeren Stromes (7 ^{cm} Spiralenabstand, 30 Secunden lang), war die Blässe der Verzierung eine sehr starke, verbreitete sich aber nur bis zum äusseren Gehörgang. Am Kopf blieb die Verzierung und das Anhängsel unverändert. Während der Reizung bewegten sich die Halsfedern. Nach der Reizung hielt sich die Blässe recht lange und wurde dann, wie gewöhnlich, durch Röthung verdrängt.

Dasselbe Resultat ergaben fernere Reizungen, nur dass die Stromstärke mit jeder Reizung zunehmen musste.

Die Section erwies, dass der Schnitt durch den obersten Theil des Knotens gegangen war und den an der oberen und hinteren Wand des knöchernen Gehörgangs verlaufenden Nervenzweig durchtrennt hatte.

Vergleichen wir die Resultate der letzten Versuehe, so sehen wir, dass alle Erscheinungen, welche auf die Reizung des Sympathicus auftreten, als

[1] Dieser Schnitt wird folgendermaassen ausgeführt: nachdem man den einen Arm der Knochenscheere in den äusseren Gehörgang geführt hat, setzt man den anderen in der oben angegebenen Richtung auf, schliesst die Scheere und führt sie geschlossen aus der Wunde. Bei einiger Uebung gelingt der Schnitt sogleich, man muss nur darauf Acht geben, dass der äussere Arm richtig aufgesetzt wird, weil widrigenfalls die Carotis leicht verletzt werden könnte, was zur tödtlichen Blutung Anlass giebt.

Blässe der Verzierung, Bewegung der Federn am Halse, Blässe und Contraction des Anhängsels, Eröffnung der Augenlidspalte, eine Unversehrtheit dieses Nerven in seinem weiteren Verlaufe zum Kopfe hin voraussetzen. Im entgegengesetzten Falle ist das Resultat der Reizung localisirt und zwar je nachdem, wo der Sympathicus durchschnitten war, so dass oberhalb dieser Stelle, d. h. näher zum Kopfe hin, die Verzierung auf Reizung des Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels hin nicht mehr erblasst. Wurde der oberste Halsknoten ausgerissen, oder der von ihm entspringende und längs der hinteren und oberen Wand des knöchernen Gehörganges verlaufende Nervenzweig durchschnitten, und hierauf der Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels gereizt, so blieben die Verzierung am Kopfe, das Anhängsel und die Augenlidspalte unverändert, folglich kann dieser Nervenzweig als die Verengerung der Gefässe in der Kopfverzierung bewirkend angesehen werden. Ausserdem zeigten die Versuche, in welchen der oberste Halsknoten ausgerissen oder durchschnitten wurde, dass die Erregbarkeit des unterhalb gelegenen Halssympathicus hiernach abnimmt, wenigstens musste zur Erzielung eines Effects die Reizung mit einem stärkeren Strom und längere Zeit hindurch geschehen. Die Reizung des centralen Nervensystems von centralen Stümpfen des Ischiadicus und des Axillarnerven aus blieb ohne jeglichen Erfolg auf die Gefässe der Verzierung.

Um den Weg, auf welchen der an den Sympathicus angebrachte Reiz zu den Gefässen der Verzierung gelangt, endgiltig festzustellen, da anatomische Untersuchungen denselben ungenügend bezeichnen, haben wir eine Reihe von Versuchen bei folgender Anordnung vorgenommen.

Versuch VIII.

6. März 1889. Ein 4450 ^{grm} schwerer Truthahn. Tracheotomie. In die Fussvene wurden 45 ^{ccm} Curarelösung injicirt und künstliche Athmung eingeleitet. Im Niveau des zehnten Halswirbels wurde der linke Sympathicus in Ligatur gefasst und zum Kopf hin isolirt.

12 Uhr 45 Min. Auf die 15 Secunden lange Reizung des Sympathicus bei 25 ^{cm} Spiralenabstand erfolgten die uns schon bekannten Erscheinungen.

Der im Niveau des zehnten Halswirbels gemachte Hautschnitt wurde in der Richtung zum Kopfe hin verlängert und nach einander die sechs Rückenmarksnerven (vordere Zweige) gleich nach ihrem Durchtritt durch die auf den Halswirbeln gelegenen Muskeln durchschnitten. Aus unseren anatomischen Notizen ersieht man, dass diese Zweige sich mit den knotenförmigen, den Zwischenwirbelöffnungen gegenüberliegenden Verdickungen des Sympathicus kreuzen.

1 Uhr — Min. Reizung des linken Sympathicus im Niveau des zehnten Halswirbels bei 25 ^{cm} Spiralenabstand, 15 Secunden lang. Es erfolgte nur eine geringe Bewegung im Anhängsel und eine unbedeutende Blässe in der Umgegend des Auges (zwischen der Augenlidspalte und dem äusseren Gehörgange).

1 Uhr 6 Min. Wiederholung der Reizung mit stärkerem Strom (18 cm Spiralenabstand, 20 Secunden lang). Es erfolgten: Erblassen der Verzierung am Kopfe und am oberen Theil des Halses, kaum über die Zungenbeingegend hinaus, und Contraction des Anhängsels. Gegen den Schluss der Reizung begann die Augenlidspalte sich allmählich zu öffnen. Die Farbe der Verzierung am Halse blieb unverändert, gleichfalls blieb die Bewegung der Federn aus.

1 Uhr 12 Min. Wiederholung der Reizung wie zuletzt und mit demselben Erfolg.

Jetzt werden die durchschnittenen vorderen Rückenmarkszweige in Ligatur gefasst, zur Peripherie hin etwas isolirt und hinter einander von unten nach oben gereizt. Die Reizung der Nerven, welche den zehnten, neunten und achten Halswirbeln entsprachen, gab nur Bewegung der Federn (Anschmiegen an die Haut) an der unteren Grenze der Verzierung. Auf die Reizung der Nervenzweige aber, welche dem siebenten, sechsten und fünften Halswirbel entsprachen, (bei 12 cm Spiralenabstand, 30 Secunden lang) erfolgte bezirksweises Erblassen der Verzierung. Diese Bezirke haben eine geringe Ausdehnung (jede etwa $1^1/_2$ bis 2 Finger breit) und liegen etwas schief in Bezug auf die Längsaxe des Halses. Je höher der Nerv, desto näher zum Kopfe lag sein Bezirk.

Die Reizung der Nervenzweige wurde mit gleichem Erfolg mehrmals wiederholt, nur dass jedes Mal der Strom verstärkt und die Dauer der Reizung verlängert werden musste.

Derartige Versuche beweisen, dass der den Sympathicus treffende Reiz seinen Weg zu den Gefässen der Verzierung durch die vorderen Rückenmarksnervenzweige, welche aus den Zwischenwirbellöchern treten und sich mit den Sympathicusverdickungen kreuzen, findet. Wie wir schon beschrieben haben (v. Fig. 1) verzweigen sich diese Nerven nach ihrem Durchtritt durch die die Halswirbel umgebenden Muskeln in den Theilen, auf welchen die Verzierung gelagert ist. Diese Nervenstämmchen enthalten ausser den Fasern für Gefässe noch solche, deren Erregung Anschmiegen der Federn an die Haut herbeiführt.

Auf Reizung eines jeden dieser Nervenzweige erblasst eine bestimmte Stelle der Verzierung, was besonders schön hervortritt, wenn letztere durch Section des Sympathicus, unten am Halse, stark geröthet ist: man erhält nämlich auf stark rothem Hintergrunde ganz weisse Felder.

Nachdem wir also den Weg, auf welchem der Reiz zu den Gefässen der Verzierung am Hals und Kopf, zum Anhängsel und zu den die Augenlider bewegenden Muskeln gelangt, erforscht hatten, wendeten wir unsere Aufmerksamkeit dem zweiten vom obersten Halsknochen abgehenden Nervenzweig zu. Dieser Nerv geht an der unteren Wand des Gehörganges zur Art. carotis int. und tritt mit letzterer zusammen in die Schädelhöhle. *A priori* war anzunehmen, dass dieser Nerv die Gefässe der Hirnhäute oder des Gehirns innervirt. Wir versuchten uns hierüber durch folgende Experimente Aufschluss zu verschaffen.

Da an eine unmittelbare Reizung des besagten Nervenzweiges nicht zu denken war, reizten wir den Stamm des Halssympathicus im Niveau des vierten oder fünften Halswirbels. Um den Erfolg der Reizung an den Gefässen der Hirnhäute zu sehen, musste das Schädeldach entfernt werden. Das geschah theils mit Hülfe des Trepans, theils mittels einer Knochenscheere, deren Armenden etwas ausgezogen waren, somit ein Arm leicht unter die Knochenwand des Schädels geführt werden konnte. Meidet man die Längs- besonders aber die Querblutleiter, indem man nicht zu weit nach hinten geht, so ist die Blutung bei einiger Geschicklichkeit gering. Hat man die knöcherne Schädelwand entfernt, so hat man die beim Truthahn stark pigmentirte harte Hirnhaut vor sich. Das in derselben sich verzweigende Gefässnetz ist ziemlich bemerkbar. Durchschneidet man sie am Rande mit einem scharfen Messer und einer Scheere und entfernt sie, so werden die Gefässe der weichen Hirnhaut und des Gehirns der Beobachtung zugänglich. Selbstverständlich muss die Verletzung stärkerer Gefässe hierbei vermieden werden, weil sonst die Blutung der Beobachtung kleinerer Gefässe im Wege ist.

Wir legen hier keine Versuchsprotokolle vor, weil der Reizungseffect des Sympathicus an den Gefässen der Hirnhäute und des Hirns sehr unbeständig ist. In einigen Versuchen erfolgte auf die Reizung eine deutliche Verengerung der kleinen Gefässe, in anderen war keine Veränderung in dieser Beziehung wahrzunehmen, in wieder anderen aber war das Resultat so undeutlich, dass wir ein positives Urtheil uns gar nicht erlauben können. Gleiches gilt in Bezug auf die Versuche, in welchen die Gefässe angeschnitten uud die in einer gewissen Zeit ausfliessende Blutmenge bestimmt wurde. Abgesehen von den Mängeln der Methode selbst, waren die Beobachtungsresultate hierbei so verschieden, dass wir nichts Bestimmtes hierüber verlauten können.

Gegen unseren Willen mussten wir hier unsere Versuche abbrechen. Wir beabsichtigen jedoch, sie bald wieder aufzunehmen, um über die vorliegende Frage etwas Ganzes zu liefern.

Unsere bisherigen Versuche lassen folgende Schlussfolgerungen zu:

1. Das Gewebe der Kopf- und Halsverzierung beim Truthahn gleicht dem Bau nach dem cavernösen Gewebe der Geschlechtsorgane.

2. Der Sympathicus enthält gefässverengernde Fasern der Verzierungsgefässe. Zu der Halsverzierung gelangen diese Fasern mit den vorderen Zweigen der Rückenmarksnerven, welche im Transversalcanal mit den Sympathicusverdickungen sich kreuzen. Die Gefässe der Kopfverzierung, das Anhängsel und die Augenlider versorgt der Nervenzweig vom oberen Halsknoten, welcher längs der hinteren und oberen Wand des äusseren Gehör-

ganges verläuft und sich mit dem zweiten und dritten Trigeminusast verbindet.

3. Die Innervation des oberen und unteren Augenlides ist vom Sympathicus abhängig; denn die Reizung des letzteren ruft eine (geringere) Erhebung des oberen und ein (stärkeres) Senken des unteren Augenlides hervor, in Folge dessen sich die Augenlidspalte, wenn auch nicht besonders weit, öffnet.

4. Pupillenerweiternde Fasern enthält der Sympathicus bei Vögeln nicht.

5. Die Reizung sensibler Nerven (des centralen Ischiadicus- und Axillarisstumpfes) führt keine Verengerung der Verzierungsgefässe herbei, obwohl eine Wirkung auf das vasomotorische Centrum unbedingt besteht.

6. Ist der Sympathicus am oberen Halsganglion durchschnitten, so giebt die Reizung seines unteren Abschnittes keine Erscheinungen an der Verzierung, obgleich das vasomotorische Centrum von dem Reiz getroffen wird.

7. Die Zerstörung oder Durchschneidung des obersten Halsknotens setzt die Erregbarkeit des unterhalb desselben befindlichen Sympathicusabschnittes herab.

8. Im Sympathicusstamme verlaufen die Nervenfasern für die Muskeln, welche die Federn bewegen (Anschmiegen an die Haut). Augenscheinlich erhält er sie von den Rückenmarksnerven während des Durchtritts derselben durch die Verdickungen.

9. Die Wirkung des Sympathicus auf die Gefässe der Verzierung wird durch Curare nicht beeinflusst.

Eine angenehme Pflicht ist es schliesslich, hier meinen wärmsten Dank Hrn. Professor Joh. Dogiel für seine Rathschläge und Hülfe bei der vorliegenden Arbeit auszusprechen.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. III.)

Fig. 1. Durchschnitt eines Höckers am Truthahnhalse nach der Bearbeitung mit 1/2 procentiger Essigsäurelösung. Man sieht das Verhältniss der Gefässe (die Arterien sind quer schraffirt, die Venen nicht) zu den Nerven in der vorliegenden Schicht, da der besseren Deutlichkeit halber die tiefer gelegenen Theile nicht wiedergegeben sind.

a. a. = Nervenstämmchen von den vorderen Rückenmarksnervenzweigen, welche sich mit dem Halssympathicus kreuzen und zu den Gefässen gehen.

Fig. 2. Schnitt aus der Verzierung am Truthahnhalse. Die Gefässe mit blauer Masse gefüllt. Vergrösserung: Hartnack Syst. 2, Ocul. 3.

A. = Aeussere epitheliale Schicht. *B* = Erste cavernöse Schicht. *D* = Zweite cavernöse Schicht mit schlängelnden und mit grossen Erweiterungen versehenen Gefässen.

Fig. 2 a. Schnitt aus der Verzierung des Truthahns. Vergrösserung: Hartnack Syst. 2, Ocul. 3.

A. A. = Querschnitt durch arterielle Gefässe. *C. C. C.* = Querschnitt durch Gefässe der zweiten cavernösen Schicht.

Fig. 3. Ein Theil des linken Transversalcanals vom Truthahn. Der Canal eröffnet, die Weichtheile entfernt, das Praeparat stark auseinandergezerrt. Unbedeutende Vergrösserung.

A = Die zum Kopf hin liegenden Enden. *B. B.* = Schnitte durch die vorderen Theile der Querfortsätze der Halswirbel. B_1 B_1 = Schnitte durch die hinteren Querfortsatztheile der Halswirbel. *N. sy.* = Der Halssympathicus. *G. sy.* = Die Sympathicusverdickungen. *A. et V.* = Arteria et Vena vertebrales. *D.* = Zweige der Rückenmarksnerven, welche sich mit dem Sympathicus kreuzen.

Fig. 4. Die Kreuzungsstelle des Sympathicus mit dem Rückenmarksnerven am Halse. Vergrösserung: Hartnack Syst. 2, Ocul. 3.

A. B = Rückenmarksnerv, welcher durch den Nervenknoten geht. *A.* = Das centrale Ende. *B.* = Das periphere Ende. *C.* = Fasern, welche aus dem Nerven zum Knoten treten. *G. s. s.* = Der obere (Kopf-) Theil des Sympathicusknotens. *G. s. i.* = Der untere Theil (zum Rumpf hin) desselben. Der Schnitt geht etwas schief, weshalb die Vereinigung mit dem Rückenmarksnerven nur am unteren Theil des Knotens zu sehen ist.

Fig. 4 a. Kreuzungsstelle des Sympathicus mit Rückenmarksnerven unter einer Zeiss'schen Lupe.

G. s. = Sympathicusknoten. *A. B.* = Der durch den Knoten tretende Rückenmarksnerv. *A.* = Das centrale Ende. *B.* = Das periphere Ende. *C.* = Nervenfaserbündel vom Knoten zum Rückenmarksnerven. *N. s.* = Stamm des Sympathicus zum Körper hin.

Fig. 5. Die Lage des oberen Halsknotens vom Truthahn links. Geringe Vergrösserung. Die Theile sind stark auseinander gezerrt. Das Praeparat in einer $^1/_2$ procentigen Essigsäurelösung.

A. = Schnitt durch den Unterkieferwinkel. *B.* = Ein Theil der Schädelwand. *C.* — Die Stelle des Gehörganges bedeckt mit Weichtheilen (dem Trommelfell, dem abgelösten Periost u. s. w.). *P. m.* = Schnitt durch den Processus mastoideus. *G. s. s.* = Der obere Halsknoten. *N. g.-ph.* = Nervus glossopharyngeus. *N. v.* = Nervus vagus. *N. a.* = Die Anastomose zwischen dem Vagus und dem Glossopharyngeus. *N. f.* = Nervus facialis. *a.* = Nervenzweig vom obersten Halsknoten zum Vagus. *b.* = Nervenzweig vom Nervenknoten zum Glossopharyngeus. Dieser Zweig gesellt sieh zum Ast vom Glossopharyngeus oberhalb des Nervenknotens, vergl. Fig. 6. *c.* = Nervenzweig zur Anastomose zwischen dem Vagus und dem Glossopharyngeus. *d. d.* = Nervenzweige zu den Gefässen. *R. s. e.* = Aeusserer (hinterer) Zweig vom Nervenknoten. *R. c.* = Unterer Zweig vom Nervenknoten. *Ar. c.* = Die Carotis mit ihren Zweigen.

Fig. 6. Dieselbe Gegend wie in Fig. 5. Die Theile stark auseinandergezerrt. Das Bild vergrössert. Die oberflächlich gelegenen Theile entfernt. Das Praeparat in einer $^1/_2$ procentigen Essigsäurelösung.

C. t. = Der Gehörgang, dessen Wände mit der Knochenscheere bearbeitet sind. *P. m.* = Schnitt durch den Processus mastoideus. *N. g.-f.* = Nervus glossopharyngeus. *N. v.* = Nervus vagus, oberer Abschnitt, $N.\ v_1$ = Nervus vagus, unterer Abschnitt. *G. s. s.* = Oberster sympathischer Nervenknoten. *R. s. i.* = Innerer Nervenzweig vom Knoten in die Schädelhöhle. *R. s. e.* = Aeusserer Zweig vom Nervenknoten zum Trigeminus. *N. s.* = Halssympathicus. *R. c.* = Nervenzweige vom Knoten zu den benachbarten Gefässen. Ein dickerer von ihnen geht mit den Carotiden in der Richtung zum Körper hin. *N. f.* = Nervus facialis. *N. sp.* = Rückenmarksnerven, welche sich mit den Sympathicusverdickungen kreuzen. *G. s.* = Verdickungen des Halssympathicus. *R. p. N. t.* = Erster Trigeminusast. *N. t.* = Trigeminus. *Ar. c.* = Die Carotis mit ihren Zweigen.

Fig. 7. Der Kopf und ein Theil vom Halse des Truthahns. Links der Sympathicus durchschnitten. Das Anhängsel und die Verzierung im erschlafften Zustand. Links starke Röthung derselben. Die Augenlidspalte geschlossen. Die Abbildung ist nach einer Photographie angefertigt.

A. A. = Die linksseitige Verzierung. *B. B.* = Die rechtsseitige Verzierung.

Fig. 8. Kopf und ein Theil vom Halse desselben Truthahns. Gezeichnet nach einer Photographie. Der Sympathicus beiderseits durchschnitten. Der linke Sympathicus gereizt.

A. A. = Die Verzierung an der linken Körperhälfte. *B. B.* = Die Verzierung rechts.

Fig. 9. Blutdruck aus dem centralen Carotisende des Truthahns während der Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes (vergl. Versuch II).

Von *a* bis *b* = Die Curve vor der Reizung. Von *b* bis *c* = Blutdruckcurve während der Reizung. *b.* = Anfang der Reizung. *c.* = Schluss der Reizung.

Fig. 10. Blutdruckcurve aus dem centralen Carotisende des Truthahns vor und während der Reizung des Sympathicus am Halse in der Richtung zum Körper hin (vergl. Versuch III).

Von *a* bis *b* = Die Curve vor der Reizung. Von *b* bis *c* = Blutdruckcurve während der Reizung. *b.* = Anfang der Reizung. *c.* = Schluss der Reizung.

Die motorischen Nerven der Portalvene.

Von

F. P. Mall.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Nachdem ich bei einer früheren Gelegenheit [1] die Einschnürungen im Verlauf der Mesenterialvenen beobachtet hatte, welche von der Contraction der Ringfaserung veranlasst werden, war mir die Anwesenheit von zugehörigen vasomotorischen Nerven nicht mehr zweifelhaft. In der Ansicht, welche den Ringmuskeln an den Aesten und dem Stamm der Vena porta Nerven, ähnlich denen der Arterien zuschreibt, bestärkt uns die Erwägung, dass jene Venen den Capillaren der Leber gegenüber die Rolle von Arterien spielen. — Wenn solche Nerven bis dahin unentdeckt blieben, trotzdem dass die Venen des Mesenteriums eingehend untersucht wurden, während der Reizung der verschiedenen zum Darm hin gehenden Nerven, so mag sich dies aus der Art des Blutstromes erklären, welcher durch die Erregung des Rückenmarks oder der Nn. splanchnici hervorgerufen wird. Während der Reizungsdauer beschleunigen die Nerven zeitweise den Blutstrom durch die Mesenterialgefässe und deshalb kann es leicht zu einem Gleichgewicht kommen zwischen dem vom Binnenraum der Gefässe ausgehenden Druck und dem Bestreben der Wand sich zusammenzuziehen, mindestens so weit, dass sich über die Leistung der Muskeln keine volle Klarheit gewinnen lässt.

Dagegen müssen die Vasomotoren auf die Wand der mit Blut erfüllten Vene augenfällig wirksam werden, wenn sie zu einer Zeit gereizt werden, in welcher von der Aorta aus dem Darm kein Blut mehr zufliesst.

Die aufgestellten Bedingungen sind erfüllt, wenn die Aorta nahe unter dem Abgang der Art. subclavia sinistra unterbunden und alsbald ein N. splanchnicus gereizt ist. — Vor dem Beginn der Reizung entlässt die geöffnete Art. cruralis keinen Tropfen Blutes, die Arterien des Mesenteriums

[1] *Blut- und Lymphwege im Dünndarm des Hundes.* Leipzig 1888.

sind zusammengefallen, nur die Venen des Darms bis zur Leber hin sind mässig mit Blut gefüllt. Sowie nun die Reizung des N. splanchnicus beginnt, wird auch eine Verengung der blossgelegten Pfortader sichtbar, die mit der weiteren dauernden Reizung bis zum Verschwinden des Lumens fortschreitet. Nach Umfang und Dauer entspricht die an der Vene ablaufende Erscheinung dem Vorgang, welcher sich während der Reizung eines Vasomotors an der Arterie ereignet.

An einem Thier, dessen Aorta höher oder tiefer innerhalb der Brusthöhle unterbunden ist, lässt sich auch ein weiterer Aufschluss über die Mittel gewinnen, durch welche die Erregung des N. splanchnicus den Druck in der Aorta zu erhöhen vermag. — Wenn die Aorta so hoch unterbunden ist, dass zu den Darmarterien kein Blut mehr gelangt, so bedingt die Reizung des N. splanchnicus noch ein merkliches Anwachsen des arteriellen Druckes, sicherlich nur darum, weil die bluthaltigen Gefässe des Darms (und der Leber?) ihren Inhalt in das Herz ergossen haben. Die Menge des Blutes, welche zu der Erhöhung des Druckes Veranlassung gab, lässt sich auch schätzungsweise leicht ermitteln, wenn gleichzeitig mit der Reizung des Splanchnicus eine Blutentziehung aus einer Art. carotis oder ihrer Zweige vorgenommen wird. Durch sorgfältige Regelung des Ausflusses gelingt es, den Druck auf dem Stande vor der Reizung zu erhalten; in diesem Falle hat die weggenommene Blutmenge ebensoviel wie die zugeführte betragen.

Die Ausschlag gebende Bedeutung, welche dem Zuwachs an Blut zukommt, nach Unterbindung der Aorta unterhalb der Subclavia sinistra, geht verloren, wenn der Verschluss so tief unten in der Brusthöhle angelegt wird, dass sich ein schwacher Strom durch die Unterleibsarterien einstellen kann. Durch die Einführung selbst relativ grosser Mengen frischen ungeronnenen Arterienblutes in die Vena jugularis, kann der Druck nur vorübergehend gesteigert werden; rasch, wie er während der Einspritzung anstieg, sinkt er auch wieder auf seinen früheren Stand zurück, im Gegensatz zu dem allmählichen Ansteigen, dem langen Verharren und dem allmählichen Absinken des höheren Druckes während einer länger dauernden Reizung des N. splanchnicus. — Erst wenn zu der Transfusion des ungeronnenen Blutes die Reizung der Splanchnici hinzutritt, die den Venenwandungen des Unterleibes grosse Widerstandsfähigkeit gegen die ausdehnende Gewalt macht, steigt mit der zugeführten Blutmenge der Druck in der Aorta.

Nach meiner Rückkehr werde ich in Worcester die abgebrochenen Versuche wieder aufnehmen und die bisher erzielten Ergebnisse verbunden mit den noch zu gewinnenden ausführlich beschreiben.

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz.

Von

J. Gad und **J. F. Heymans.**

Von der Pariser Akademie der Wissenschaften gekrönte Preisschrift.

(Hierzu Taf. IV—VIII.)

Die Fähigkeit mechanische Arbeit zu leisten, verdankt der Organismus der Muskelsubstanz; in derselben wird chemische potentielle Energie, je nach den äusseren Bedingungen, in mechanische potentielle Energie oder in kinetische Energie umgesetzt: nur letztere Energie-Form ist geeignet mechanische Arbeit im physikalischen Sinne des Wortes zu leisten. Die experimentell der Messung zugängliche Form der Arbeitsleistung besteht im Erheben eines bestimmten Gewichtes auf eine bestimmte Höhe. Bei dieser Art von Experimenten muss es dem Muskel also gestattet sein, seine Länge zu ändern, er muss sich bei der Erregung contrahiren können. Auch hierbei tritt, innerhalb des Muskels, die Energie, ehe sie als Bewegung von Massen zu Tage tritt, als potentielle mechanische Energie (Spannkraft) auf; man kann aber dieses Durchgangsstadium möglichst verkleinern und die Bewegung fast unmittelbar zum Ausdruck bringen, wenn man nach dem Vorgange von Marey und Fick, der von dem Muskel bei seiner Contraction zu überwindenden Kraft einen kleinen und constanten Werth ertheilt: die zu diesem Ziel führende Methode besteht darin, dass man den Muskel an einen langen einarmigen Hebel angreifen lässt, während ein genügend grosses Gewicht in grosser Nähe der Drehaxe an demselben Hebel in entgegengesetzter Richtung wirkt. Diese Art, den Muskel arbeiten zu lassen, ist von Fick als die isotonische bezeichnet worden.[1] In der That kann

[1] Ad. Fick, *Mechanische Arbeit und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit.* Leipzig 1882. S. 110.

sich hierbei, wenn man dem Hebel selbst genügend kleine Masse giebt, die Spannung im Muskel während des ganzen Zuckungsverlaufs nur sehr wenig ändern; die gesammte für mechanische Zwecke verfügbar werdende Energie tritt fast unmittelbar als Massenbewegung auf.

Umgekehrt kann man es erreichen, dass die gesammte mechanische potentielle Energie, welche der Muskel bei seiner Thätigkeit zu entwickeln vermag, möglichst rein zur Darstellung gebracht wird, wenn man den Muskel an einer starken Feder angreifen lässt, welche ihm nur sehr kleine Contractionen auszuführen gestattet und deren einzelne ebenfalls sehr kleine Bewegungen genügend vergrössert auf eine bewegte Zeichenfläche aufgeschrieben werden (isometrische Methode von Fick).

Der Vergleich dieser beiden verschiedenen Arten, den Muskel bei seiner Erregung wirken zu lassen, gestattet es, sehr wichtige Schlüsse auf die inneren Vorgänge bei der Muskelcontraction zu ziehen, namentlich Fick hat hiervon schon weitgehenden und erfolgreichen Gebrauch gemacht. Ein sehr bedeutungsvoller Unterschied zwischen dem isotonischen und isometrischen Verfahren ist der, dass die sämmtlichen Umlagerungen in der Muskelsubstanz bei ersterem viel grösser sind wie bei letzterem. Hierdurch kann der Ablauf der chemischen Processe im Muskel wesentlich beeinflusst werden. Ferner hängt hiermit zusammen, dass nur bei ersterem Verfahren die Querdehnbarkeit nicht contractiler elastischer Gebilde des Muskels oder der Muskelsubstanz selbst in Anspruch genommen wird. Bei der Discussion der von uns beobachteten Erscheinungen werden wir von diesen principiellen Unterschieden zwischen beiden Methoden wiederholt Gebrauch machen.

Als wir uns zum Ziel setzten das Studium des Einflusses der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz, welche schon vor uns wiederholt und zwar von sehr bedeutenden Forschern in Angriff genommen worden ist, in systematischer Weise durchzuführen, versprachen wir uns von der durchgehends vergleichenden Anwendung dieser beiden Methoden besonderen Nutzen. Aber auch in mehrfach anderer Beziehung mussten sich bei einer systematischen Bearbeitung des Problems mehrfache Gelegenheiten bieten, Lücken auszufüllen, welche die bisherigen Erkenntnisse dieses Erscheinungsgebietes noch darboten. Eine kurze Uebersicht über das bisher auf diesem Gebiet Erkannte wird dieses erklären.

Marey hat in seinem Epoche machenden Buch „*Du mouvement dans les fonctions de la vie*“ in geistreicher Weise die Möglichkeit zum Ausdruck gebracht, unsere alltäglichen Erfahrungen über den Einfluss der Temperatur auf die Bewegungsvorgänge unseres Körpers graphisch darzustellen; er hat den ganzen Muskel des Frosches, an welchem das Centralnervensystem zerstört, die Circulation aber erhalten war, erwärmt oder abgekühlt und

hierbei Reihen von Zuckungscurven gewonnen, welche der Musculus gastrocnemius bei Reizung des Lumbarplexus liefert. Es lag in der Natur seiner Aufgabe, wie er sie sich stellte, nämlich die Beziehung des ganzen peripherischen Apparates zur Temperatur zu ermitteln, dass die Versuchsbedingungen ziemlich verwickelte waren. Die Temperaturänderungen wirkten nicht nur auf die Muskelsubstanz selbst, sondern auch auf die peripherischen Nervenfasern, soweit sie für die Erregungsleitung in Betracht kommen, ferner auf die Nervenendigungen an den Muskelfasern, in welchen sich ebenfalls ein Process eigener Art abspielt und ferner auf die Blutgefässe ein. Nichtsdestoweniger treten in den von Marey damals mitgetheilten Curven und in den Angaben des begleitenden Textes die wesentlichen Grundzüge der Einwirkung der Temperatur auf die Muskelsubstanz selbst schon merklich hervor;[1] sehr deutlich zeigte sich die Verlängerung der Zuckungsdauer bei Abkühlung und die Verkürzung derselben bei Erwärmung; ebenso deutlich ist die Steigerung der Hubhöhe bei Erwärmung, wobei jedoch zweifelhaft bleibt, welchen Antheil die mit wachsender Steilheit des Curvenanstiegs zunehmende Schleuderung des Zeichenhebels an der Erreichung des grösseren Zuckungsmaximum gehabt hat. Angedeutet findet sich eine geringe anfängliche Zunahme mit der darauf folgenden Abnahme der Hubhöhe bei der Abkühlung; sehr deutlich ist ferner die Abnahme der Hubhöhe bei den hohen Temperaturgraden, welche sich dem Erstarrungspunkt nähern, doch fliessen hier die Einflüsse der Temperatursteigerung, welche die Erstarrung und diejenigen, welche die Vernichtung der Erregbarkeit bedingen, sehr ineinander.

Die Untersuchungen von Fick,[2] welche zu dem uns interessirenden Gebiet in Beziehung stehen, wurden meistens an einfachen curarisirten oder nicht curarisirten Muskeln bei directer Muskelreizung angestellt; er beobachtete hierbei ebenfalls die Verkürzung der Zuckungsdauer bei Erwärmung und die gleichzeitig hiermit eintretende Steigerung der Hubhöhe, doch lässt er es ausdrücklich zweifelhaft, einen wie grossen Antheil hieran die Schleuderung hat, immerhin spricht er es als wahrscheinlich aus, dass durch passende Erwärmung die Hubhöhe bei maximalem einzelnen Reiz bis zu der bei maximalem Tetanus gesteigert werden könne, und dass die bei diesen beiden Vorgängen eintretende Verkürzung des Muskels der durch Wärmestarre hervorzurufenden gleich sein könne. Ferner hat Fick[3] gezeigt, dass die durch Wärmestarre im Muskel hervorzurufende Spannung kleiner

[1] E. J. Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie.* Paris 1868. p. 256 et 344; — *La méthode graphique.* Paris 1878. p. 520.

[2] *Mechanische Arbeit* u. s. w. S. 109.

[3] Mechanische Untersuchungen der Wärmestarre des Muskels. *Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg.* 1885. Bd. XIX. S. 1.

als diejenige bei maximalem Tetanus ist. Für den Vergleich des zeitlichen Verlaufs des Erregungsprocesses bei einzelnem Reiz, je nachdem der Muskel isotonisch oder isometrisch zu wirken hat, wurde die Temperatur von Fick[1] nicht variirt. Die Wärmeproduction im maximalen Tetanus fand Fick[2] bei mittlerer Temperatur im isometrisch wirkenden Muskel grösser als im isotonisch wirkenden. Mit steigender Temperatur wuchs die Wärmebildung bei Isotonie und Isometrie, bei ersterer jedoch stärker, so dass Temperaturerhöhung auf Ausgleichung der Differenz wirkt.

Schmulewitsch,[3] welcher mit weniger durchsichtigen Methoden arbeitete wie Marey und Fick, hat trotzdem mit aller Deutlichkeit dargethan, dass die einzelne Leistung des Muskels durch Wärme gesteigert werden kann, dass aber die Summe der bis zur Erschöpfung gewinnbaren Leistung bei niedrigen Temperaturen weit grösser ist, als bei höheren. Ferner hat er einen wichtigen Punkt, welcher Fick und Marey entgangen ist, richtig erkannt, wenn auch nicht zur vollen Evidenz erwiesen, dass nämlich bei langsamem Fortschreiten der Temperatursteigerung die Erregbarkeit des Muskels abnimmt oder verschwindet, ehe noch die durch die Wärmestarre bedingte Verkürzung beginnt. Von geringerer Bedeutung, als dem Autor selbst, will es uns dagegen erscheinen, dass er bei Erwärmung des Muskels auch ohne Reizung desselben eine kleine Zunahme seiner Elasticität constatiren konnte.

Hermann[4] und Steiner[5] haben den Einfluss der Temperatur auf die Intensität des Längsquerschnittstromes am ruhenden Froschmuskel untersucht und es hat sich für diese Intensität ein Optimum der Temperatur bei 20° gefunden.

Ueber den Einfluss, welchen die Temperatur auf die Dauer des Latenz-

---

[1] Ueber die Aenderung der Elasticität des Muskels während der Zuckung. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1871. Bd. IV. S. 301; — *Mechanische Arbeit* u. s. w. S. 134; — Myothermische Fragen und Versuche. *Würzburger Abhandlungen.* 1884. Bd. XVIII. S. 301.

[2] Versuche über Wärmeentwickelung im Muskel. *Verhandlungen der medicinisch-physikalischen Gesellschaft zu Würzburg.* 1885. Bd. XIX. S. 61.

[3] Études sur la physiologie et la physique des muscles. *Journal de l'anatomie et de la physiologie normale et pathologique.* 1868. Vol. V. p. 27; — Zur Muskelphysik und Physiologie. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1867. S. 81; — Zur Frage über das Wesen der Muskelcontraction. *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1870. S. 609.

[4] L. Hermann, Versuche über den Einfluss der Temperatur auf den Nerven- und Muskelstrom. Pflüger's *Archiv* u. s. w. 1874. Bd. IV. S. 163.

[5] Steiner, Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf den Muskelstrom. *Dies Archiv.* 1876. S. 382.

stadiums ausübt, liegen Angaben von Tigerstedt,[1] Richet,[2] Yeo[3] vor; am zuverlässigsten macht sich eine, wenn auch kleine Verlängerung bei der Abkühlung in den Tigerstedt'schen Experimenten geltend.

Du Bois-Reymond[4] hat zuerst die Folgezustände der vollkommenen Erfrierung untersucht; er fand den Muskel danach vollkommen unerregbar und elektrisch wirkungslos. Kühne[5] fand bei Versuchen, welche allerdings für das vollkommene Durchfrieren der Muskelmasse bis in die innersten Partien keine vollkommene Gewähr boten, die Erregbarkeit nach dem Wiederaufthauen noch erhalten, und Hermann[6] bestätigt dies auch bei voller Sicherheit der Durchfrierung, wenigstens bedingungsweise, indem er Gewicht auf die Dauer des Gefrierens und des Wiederaufthauens legt. Wenn aber auch Hermann die Erregbarkeit nach dem Wiederaufthauen wieder eintreten sah, so war dies nur für kurze Zeit und der Muskel verfiel schnell der Todtenstarre.

Das isolirte Froschherz, an dessen Leistungen allerdings nicht nur die Muskelfasern betheiligt sind, zeigt nach den übereinstimmenden Erfahrungen einer grossen Anzahl von Autoren[7] bei niedriger Temperatur eine Verminderung der Schlagzahl, mit Steigerung der Intensität der einzelnen Systole und beträchtlicher Zunahme der Herzarbeit sowohl in der Zeiteinheit als auch im Ganzen bis zu vollkommener Erschöpfung.

Aus dieser kurzen Zusammenstellung, welche, ohne auf absolute Vollständigkeit Anspruch zu machen, allen bedeutungsvollen bisher gemachten Angaben Rechnung tragen dürfte, geht hervor, dass die Aufgabe für den Beginn einer systematischen Durcharbeitung dieses Gebietes nach folgenden zwei Richtungen zu praecisiren sein wird; erstens ist die Bedingung zu erfüllen, dass der Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit der Muskelsubstanz selbst mit Ausschluss der Betheiligung von Nerven, Nervenendigungen, Ganglienzellen und Circulationsänderungen zum klaren Ausdruck gebracht werde; es geschieht dies, wenn nur gut curarisirte isolirte Froschmuskeln dem Versuch unterworfen werden. Dieser für den

[1] R. Tigerstedt, Untersuchungen über die Latenzdauer der Muskelzuckung in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Variabeln. *Dies Archiv.* 1885. Suppl. S. 253.

[2] Ch. Richet, Du temps perdu du muscle et des ganglions nerveux. *Archives de Physiologie.* 1879. Vol. VI. p. 522; — *Physiologie des muscles et des nerfs.* Paris 1882. p. 48.

[3] G. Yeo, On the normal duration and significance of the latent period of excitation in muscle contraction. *Journal of physiology.* 1888. Vol IX. p. 425.

[4] *Untersuchungen über thierische Elektricität.* Berlin 1860. Bd. II. Abthlg. II. S. 31.

[5] *Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität.* 1864. S. 3.

[6] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. IV. S. 189.

[7] Siehe B. J. Stokvis, Over den invloed van eenige stoffen uit de digitalis-groep op het geisoleerde kikvorschhart bij verschillende temperaturen. *Feestbundel van het Donders-Jubileum.* 1888.

Anfang absolut nöthigen Einschränkung der Versuchsbedingungen tritt zweitens eine mannigfaltige und zwar systematische Erweiterung der Bedingungsänderungen sowie der im Auge zu haltenden Gesichtspunkte gegenüber. Eine Variation in der Wahl der Muskeln je nach Länge der Fasern und Grösse des Querschnittes wird erwünscht sein, weil die einen Muskeln mehr geeignet sind die Aenderungen in der Verkürzungsgrösse, die anderen die Veränderungen in der Spannungsentwickelung zu demonstriren.

Die Temperaturänderungen werden in solcher Breite und in solchem Tempo zur Einwirkung zu bringen sein, dass keine der wesentlichen Veränderungen des Reizerfolges von der mittleren Temperatur bis zum Erfrieren einerseits und bis zur Wärmestarre andererseits dem Auge entgeht; besondere Aufmerksamkeit wird den noch wenig beobachteten Temperatureinflüssen nahe dem Gefrierpunkt und dem sehr wichtigen, aber noch strittigen Intervall zwischen dem Maximum der Einzelleistungen bei erhöhter Temperatur und der Wärmestarre zuzuwenden sein. Was bisher gar nicht beobachtet wurde, ist die Art wie sich die Steilheit des Anstiegs und die Steilheit des Abstiegs der Zuckungscurve und wie sich etwa eine Plateaubildung auf der Höhe der Zuckung an der Aenderung der Zuckungsdauer betheiligen. Auch das Latenzstadium kann noch genauere experimentelle Ermittelung beanspruchen und der von Fick bei mittlerer Temperatur angestellte Vergleich zwischen isotonischem und isometrischem Zuckungsverlauf ist bei verschiedenen Temperaturen zu wiederholen. Um den Einfluss der Temperaturänderungen auf die Summirbarkeit der Erregung und auf die Ermüdbarkeit der Muskelsubstanz zu studiren, wird man sich zweckmässig tetanisirender Reize bedienen.

Den aufgeführten naheliegenden Postulaten haben wir in der Untersuchung, deren Resultate folgen sollen, gerecht zu werden gesucht. Inwieweit plötzliche Temperaturänderungen (glühender Draht) selbst als Reiz auf die Muskelsubstanz wirken können, haben wir absichtlich nicht in den Kreis unserer Untersuchungen gezogen. Den Einfluss der Temperaturänderungen auf die elektrischen Erscheinungen des Muskels und auf die Wärmebildung bei der Muskelerregung waren wir zunächst nicht in der Lage zu studiren.

Untersuchungsmethode.

Das Stativ (Taf. VIII *A*, schematisch), an welchem der Muskel behufs Aufzeichnung der isotonischen und isometrischen Curven aufgehängt wurde, war in seinen wesentlichsten Theilen folgendermaassen construirt. Ein starker, in allen seinen Theilen unbiegsamer schmiedeeiserner Bügel hat einen oberen horizontalen und einen (gespaltenenen) verticalen Arm, welch letzterer unten nach vorn horizontal und dann am Ende nochmals vertical

aufwärts gebogen ist. In dem oberen horizontalen Arm ist, mikrometrisch auf- und abwärts verschiebbar, die Muskelklemme angebracht. Der absteigende Arm ist in zwei einander parallele Schenkel gespalten; diese Spaltung erstreckt sich auch auf den unteren horizontalen und wieder aufsteigenden Arm. Die Schenkel tragen zwei starke und genau gearbeitete Schraubenpaare als Achsenlager derart, dass sich die zugehörigen stählernen Achsen in dem Zwischenraum zwischen den Schenkeln befinden: das eine Achsenlager (für die isotonischen Zuckungen) befindet sich an den Schenkeln des absteigenden Armes, das andere (für die isometrischen Zuckungen) an denen des wiederaufsteigenden, letzteres tiefer wie ersteres. Die Mitte der Muskelklemme steht etwa 2·5 ^{mm} hinter der isometrischen Achse und 5 ^{cm} vor der isotonischen Achse. An der isotonischen Achse, nahe den beiden Enden derselben, ist je ein auf der hohen Kante stehender starker Streifen aus Aluminiumblech solide befestigt; beide Streifen convergiren nach vorn und sind hier, 5 ^{cm} von der Achse entfernt, durch einen quer hindurch gesteckten stählernen Bolzen vereinigt. An diesen Bolzen greift mittelst eines unten zu zwei Haken umgebogenen festen Drahtbügels der Muskel an. Die Verbindung des Bügels mit dem Muskel wurde durch ganz unnachgiebige Stücke, von denen eins der elektrischen Isolation wegen aus Glas bestand, hergestellt. Der Aluminiumhebel ist durch angekittete sich gegenseitig abstreifende dünne Schilfstreifen zu einem sehr leichten, ziemlich torsionsfreien Schreibhebel verlängert. Die Schreibspitze ist aus einem dünn geschabten etwas gebogenen und fein zugeschnittenen Streifen Federpose gebildet und befindet sich 15 ^{cm} von dem Angriffspunkt des Muskels und 20 ^{cm} von der Drehachse entfernt. Mit der Mitte der zugehörigen Achse ist ein kleiner Wirtel von 2·5 ^{mm} Durchmesser concentrisch fest verbunden, um welchen ein eine Wagschale tragender Faden derart geschlungen ist, dass das Gewicht vor der Drehachse angreift. Um den Muskel mit 10 ^{grm} zu dehnen, wie es bei unseren Versuchen am Gastroknemius meistens geschah, muss also die Wagschale mit Gewicht 200 ^{grm} wiegen. Die angegebene Belastung des Muskels mag klein erscheinen, doch muss das Princip der isotonischen Wirkungsweise des Muskels um so treuer zum Ausdruck kommen, je kleiner die Belastung ist, vorausgesetzt, dass dieselbe ausreicht, die Muskelfasern von vornherein zu strecken. Dass dieses in unseren Versuchen der Fall gewesen ist, wird bewiesen durch den regelmässigen Verlauf der Curven und durch die unter den entsprechenden Bedingungen sehr kurze Dauer des Latenzstadiums. Dem Umstand, dass wir uns mit der Belastung an den unteren Grenzen gehalten haben, haben wir es auch wohl zuzuschreiben, dass unsere isotonischen Curven selbst bei grosser Steilheit des Anstieges durch sehr wenig Schleuderung complicirt sind. Bewiesen wird dies dadurch, dass beim Tetanisiren auch im Falle der grössten

Steilheit des Anstieges der Tetanuscurve die Gleichgewichtslinie des Tetanus anfänglich sehr wenig oder gar nicht überschritten wird.

Die zur Darstellung der isometrischen Curven bestimmte Stahlachse hat 1·5 mm Durchmesser und trägt einen horizontalen auf der hohen Kante stehenden unbiegsamen Messingstreifen, welcher mit der Achse fest verbunden ist; 2·5 mm hinter der Drehachse ist der Messingstreifen durchbohrt zur Verbindung des genau darüber befindlichen Querbolzens des isotonischen Hebels durch Vermittelung eines Hakens aus festem Metalle. 4 cm vor der Drehachse trägt der Messingstreifen ein zweites Loch zum Anbringen eines kurzen Hakens; gerade darüber befindet sich ein fester Haken, welcher von einer starken an dem schmiedeeisernen Bügel festgeschraubten horizontalen Metallplatte getragen wird. Dieser Haken ist in der Metallplatte auf und abwärts mikrometrisch verstellbar. Die Entfernung zwischen beiden Haken beträgt 4 cm, sie sind dazu bestimmt, ein federndes Zwischenglied aufzunehmen, welches der Muskel beim isometrischen Régime zu dehnen hat Diese Zwischenglieder werden zweckmässiger Weise auf folgende Art hergestellt. Ein Schlauch von gutem schwarzen Kautschuk mit einer Wandstärke von 0·4 mm, welcher bei seiner seitlichen Compression mit der Querachse von dem einen Haken zu dem anderen reicht, wird innen mit Traumaticin (Kautschuk in Chloroform gelöst) benetzt und seitlich bis zur Verklebung der Wandungen comprimirt; hierbei werden die beiden Enden der Querachse mit einer durchgesteckten Nadel an der Verklebung verhindert. Von dem so behandelten Schlauch werden Querstreifen von 1, 2, 3, 4 u. s. w. Millimeter Breite geschnitten. Diese Streifen sind auch ungedehnt vollkommen gerade gestreckt und tragen an ihren beiden Enden je eine Oese zur bequemen und festen Verbindung mit dem Haken. Je nach der Grösse des Muskelquerschnittes mit welchem man zu thun hat, kann man leicht einen Streifen von passendem Elasticitätscoefficient, welcher proportional der Streifenbreite ist, auswählen und anbringen.

Die zu diesem Hebel gehörige Zeichenspitze ist in analoger Weise wie bei dem anderen Hebel angebracht und beschaffen; sie befindet sich gerade unter der Zeichenspitze des letzteren und ist 11 cm von dem Haken für den Kautschukstreifen und 15 cm von der Drehachse entfernt. Aus diesen Abmessungen ergiebt sich, dass bei vollkommener Unausdehnbarkeit der verbindenden Theile die bei isometrischem Verfahren eintretende Verkürzung des Muskels nur $^1/_{60}$ der Ordinatenhöhe der isometrischen Curve betragen sollte. Thatsächlich war das Verhältniss etwa $^1/_{50}$ bis $^1/_{55}$, d. h. etwa 80 bis 90 Procent ungefähr; hiermit mussten wir zufrieden sein, da Fick bei der ersten Publication seiner Methode sowie bei der neuesten vorliegenden, insofern sich eine Berechnung gewinnen lässt, nur bis zu 60 und 70 Procent erreicht hat. Diese grössere Genauigkeit in dem für die Rein-

heit des isometrischen Princips allerdings wichtigen Punkte haben wir auf Kosten einer anderen Genauigkeit erreicht. Fick lässt die Muskelkraft an dem Spannungshebel durch einen von einem Wirtel sich abrollenden Faden angreifen; dadurch bleibt die Länge des Hebelarmes absolut constant, aber alle unsere Fäden, welche ausprobirt wurden, wenn sie nicht zu starr zur Abwickelung waren, waren zu dehnbar. Wir haben eine weniger nachgiebige Verbindung eingeführt, welche aber an einem, allerdings nur in sehr geringem Maasse, veränderlichen Hebelarm angreift. Hierdurch muss, theoretisch betrachtet, die sehr wünschenswerthe Proportionalität zwischen Spannungswerth und Ordinatenlänge der Spannungscurven leiden; thatsächlich ist dies aber nur in einem für unsere Zwecke wenig in Betracht kommenden Maasse der Fall.

Eine zweite Störung der gewünschten Proportionalität kann in der Dehnungscurve des Kautschuks gelegen sein; sie wirkt in entgegengesetztem Sinne der ersteren, da die Zunahme der Dehnung der Kautschukstreifen sich grösser zeigte, wie die Gewichtszunahme (Taf. VII, Fig. 22 u. unten S. 114). Die empirische Graduirung, durch welche der Spannungswerth der Ordinatenhöhen jederzeit leicht ermittelt werden kann, wurde folgendermaassen ausgeführt. Der Hubhebel kann durch Aufsetzen eines festen Stückes, welches eine Wagschale trägt, um 5 ^{cm} nach hinten verlängert werden: die hier aufgelegten Gewichte sind gleich der Kraft, mit welcher der Muskel an dem mit dem Hubhebel verbundenen Spannungshebel wirken würde. Bei der empirischen Graduirung der Kautschukfedern spielt die Nachdehnung eine störende Rolle; die Nachdehnung ist aber in hohem Maasse Function der Zeit und kann zur Deformation unserer isometrischen Curven nicht beigetragen haben, da bei schnell vorübergehenden Spannungsänderungen, welche in der gleich zu beschreibenden Weise mit der Hand ausgeführt wurden, der vorherige Nullpunkt stets genau wieder erreicht wurde. Für Untersuchungen, bei denen es auf genaue Angabe der absoluten Spannungswerthe ankommt, würden wir dem Kautschuk aber doch stählerne Spiralfedern vorziehen, mit denen wir übrigens eine genügende Anzahl von Experimenten durchgeführt haben um uns davon zu überzeugen, dass unsere Curvenformen in dieser Beziehung von Fehlern frei sind; der Grund, weshalb wir uns meistens der Kautschukfedern bedient haben, ist der, dass wir sie uns leicht mit der wünschenswerthen Abstufbarkeit der Elasticitätscoefficienten verschaffen konnten, und dass es uns scheinen wollte, als ob bei ihnen die Schleuderungen geringer ausfielen, als bei Verwendung von Spiralfedern und von elastischen Stäben nach Art der von Fick verwendeten.

Allerdings ist es uns auch bei Anwendung von Kautschuckfedern nicht gelungen, die Schleuderung aus den isometrischen Curven soweit zu eliminiren, wie aus den isotonischen; wir haben aber in den Fällen, in

denen Schleuderung in Betracht kam, den Antheil derselben an den erreichten Ordinatenhöhen auf einem besonderen Wege zu bestimmen versucht. An Stelle der Muskelklemme wurde ein Organ von folgender Construction befestigt (Taf. VIII, *B*). Ein horizontaler Balken trägt zwei verticale, unten durch einen festen Stift verbundene Backen; um den Stift dreht sich ein zweiarmiger Hebel, dessen vorderer Arm senkrecht über dem Verbindungsstück zwischen Hub- und Spannungshebel in einen Haken, und dessen längerer, hinterer Arm mit einer Verbreiterung endigt. Ist der Haken mit dem Hubhebel und der Hubhebel mit dem Spannungshebel verbunden, so kann man durch Schlagen auf den hinteren Hebelarm isometrische Zuckungscurven nachahmen. Ueber dem Haken befindet sich ein fester Anschlag und hinter dem Backen trägt der horizontale Balken eine Stellschraube, durch welche die Anfangsstellung des Schlaghebels regulirt werden kann. Durch Tieferschrauben wird die Excursionsbreite des Schlaghebels verringert, zugleich aber auch die Anfangsspannung der Kautschukfeder vergrössert. Letztere Aenderung wurde durch Benutzung der die Muskelklemme senkenden mikrometrischen Schraube wieder ausgeglichen, so dass die Anfangsspannung der Kautschukfeder stets annähernd gleich Null gehalten wurde. Drückt man nun langsam auf das hintere Blatt des Schlaghebels bis das Hakenende dieses Hebels gegen das feste Widerlager drückt, so erhält man eine gewisse Spannung der Kautschukfeder und den dieser Spannung entsprechenden Ordinatenwerth ohne Schleuderung. Schlägt man nun bei rotirender Trommel wiederholt mit verschiedener Geschwindigkeit auf den Schlaghebel, so erhält man Spannungscurven mit verschiedener Steilheit des Anstieges und mit verschiedener und messbarer Betheiligung von Schleuderung. Hat man eine genügende Anzahl solcher Versuche mit Variationen des Umfanges und der Schnelligkeit der Spannungsänderungen ausgeführt, so kann man leicht zu jeder in Experiment am Muskel gewonnenen isometrischen Curve eine zugehörige Schlagcurve gleicher Steilheit und gleicher Ordinatenhöhe finden, für welche die von Schleuderung freie Ordinatenhöhe ermittelt ist.

Die Wärme und Kälte liessen wir stets auf einen, in engem, oben und unten geschlossenen Luftraum aufgehängten Muskel wirken. Die Muskelkammer bestand aus einem dünnwandigen Blechcylinder, welcher die Mitte eines geräumigen Blechbeckens einnahm. Das Becken war zur Aufnahme des verschieden temperirten Wassers oder der Kältemischung bestimmt und hatte eine Tubulatur, um das Wasser nach Belieben abfliessen zu lassen. Die cylindrische Wand der Muskelkammer überragte nach unten und oben das umgebende Blechbecken; das Ueberragen nach oben sicherte gegen etwaiges Einfliessen von Wasser oder Salzlösung in die Muskelkammer, zudem war dies Ende der Kammer durch einen Kork verschlossen. Der

Muskel wurde nicht mit einem zugehörigen Knochenstück in die Muskelklemme eingeklemmt, sondern durch Vermittelung eines in seinem unteren Ende spiralförmig gebogenen Drahtes in dessen Biegung der Knochenstumpf seinen Halt findet und dessen gerades Stück mit leichter Reibung durch den Kork gesteckt ist. Auf die das Becken nach unten überragende Wand der Muskelkammer wurde ebenfalls mit leichter Reibung ein Blechrahmen geschoben, über welchen eine feucht gehaltene Goldschlägermembran sehr lose gespannt ist. Durch die Mitte dieser Membran geht der Muskelhaken hindurch, welcher in die Sehne des Muskels oder in einen um dieselbe gelegten Faden eingehakt wird. Die äussere Wand des Beckens trägt einen metallischen Fortsatz zur Befestigung des Beckens am Stativ; diese Befestigung geschieht mittels eines mehrgliedrigen Armes, dessen Glieder durch Kugelgelenke mit einander verbunden sind, an demselben Stück, welches die Muskelklemme trägt, so dass wenn behufs Einstellung eines Zeichenhebels Heben oder Senken des Muskels erforderlich wird, der Blechbehälter alle Bewegungen des Muskels ohne Weiteres mitmacht.

In das Blechbecken hängt ein Kautschukschlauch hinein, welcher durch ein gläsernes T-Rohr mit zwei über dem Becken angebrachten Wasserbehältern in Verbindung steht. Der eine dieser Behälter, unter welchem man eine Flamme brennen lässt, enthält heisses Wasser; in dem anderen befindet sich Wasser und Eis. Zuerst füllt man das Becken mit Wasser von Zimmertemperatur; will man dann die Temperatur zum Steigen bringen, so lässt man durch den seitlichen Tubus des Beckens einen Theil des Wassers abfliessen und führt eine grössere oder kleinere Menge mehr oder weniger heissen Wassers zu, je nach der Temperatur, welche man erreichen will. Ein im Becken befindliches Thermometer zeigt diese Temperatur an und dient ausserdem dazu, der Flüssigkeit durch Rühren eine in allen Schichten gleiche Temperatur zu ertheilen.

Um das Bad abzukühlen, lässt man Eiswasser in grösserer oder kleinerer Menge zufliessen, je nach der Temperaturerniedrigung, welche man hervorbringen will. Die Temperatur von 0° erhält man im Becken, wenn man zerstossenes Eis, oder noch besser Schnee hineinbringt. Temperaturen endlich unter 0° erzeugt man, indem man das zerstossene Eis oder den Schnee im Becken mit Kochsalz mischt; je nach dem Mengenverhältniss der Substanzen der Kältemischung ist die Temperaturerniedrigung mehr oder weniger beträchtlich. Auf diese Weise haben wir bequem alle Temperaturen, welche wir nur wünschen konnten, von -12° bis $+45^{\circ}$ und darüber erhalten.

Die Erfahrung berechtigt uns, zu sagen, dass im Mittel nach 3 bis 5 Minuten, je nach der Dicke des Muskels, das Bad die maximale Wirkung auf den Muskel ausgeübt hatte; von da ab kann man ein dynamisches

Gleichgewicht zwischen der Temperatur des Bades und derjenigen des Muskels annehmen. Bei Zimmertemperatur ist der absolute Werth dieser beiden Temperaturen gleich: bei Erhöhung der Temperatur des Bades bleibt diejenige des Muskels unterhalb; sinkt die Temperatur des Bades, so bleibt die des Muskels oberhalb. Durch den oberen Verschluss ist ein kleines Thermometer in die Muskelkammer eingeführt und dieses zeigt bei 40° etwa einen halben Grad Unterschied zwischen der Temperatur des Bades und der Temperatur der den Muskel umgebenden Luft an. Ein absoluter Werth der Temperatur des Muskels selbst, namentlich seiner inneren Theile lässt sich nicht angeben, wir glauben aber schliessen zu können, dass bei Temperaturen von 40° bis 45° der Temperaturunterschied des Bades und des Muskels noch keinen ganzen Grad beträgt.

Dieselbe Betrachtung gilt für die niedrigen Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes des Muskels. Gegenstand unserer Beobachtung war weniger, wann ein Muskel gefriert, als wann der Muskel bei Abkühlung unempfindlich für elektrische Reize wird. Es sind dies zwei Punkte, welche man wohl auseinanderhalten muss.

Der elektrische Strom (Taf. VIII, *D*) wurde dem (meistens) curarisirten Muskel durch Kupferdrähte zugeleitet, von denen der eine an dem Muskelhaken angelöthet, der andere an der Schraubenklemme befestigt war. Der untere Draht war so gewählt und angeordnet, dass er keinerlei mechanische Störung bei der Muskelbewegung herbeiführen konnte. Zu einzelnen Reizen wurde stets der Oeffnungsinductionsschlag eines du Bois-Reymond'schen Inductoriums benutzt. In die primäre Spirale wurden zwei Daniell'sche Elemente eingeschaltet und ihre Höhlung war mit Bündeln weichen Eisendrahtes gefüllt. Die Unterbrechung des primären Kreises wurde durch die Trommel des Kymographions, auf welcher die Curven gezeichnet wurden, bewirkt. An der unteren Fläche der Trommel war ein Dorn angebracht, welcher durch Schlag gegen einen Hebel einen durch Federkraft geschlossen gehaltenen, in den primären Strom eingeschalteten Platincontact (*B''*) öffnete.

Besondere Aufmerksamkeit haben wir darauf gerichtet, stets maximalen oder etwas übermaximalen Reiz anzuwenden. Ursprünglich haben wir bei dem Beginn jeder Versuchsreihe einen Rollenabstand gesucht, dessen weitere Verkleinerung zu keiner Vermehrung der Hubhöhe oder Spannung führen sollte. Hierbei zeigte sich jedoch, dass zwar für die grobe Betrachtung ein Maximum erreicht wurde, dass aber bei genauerem Zusehen die Ordinatenhöhen einem maximalen Werthe nur asymptotisch zustrebten.[1] Wir haben deshalb später stets bei übereinander geschobenen Rollen und unter den übrigen genau angegebenen Bedingungen die Versuche angestellt.

[1] Die auf Taf. IV Fig. 23 versuchte Wiedergabe dieses Verhältnisses ist leider misslungen.

Bekannt ist der Einfluss, welchen die Stromrichtung im Muskel auf die Erregungsgrösse besitzt; dieser Einfluss kann damit zusammenhängen, dass an einem, der ganzen Länge nach von einem Inductionsschlag durchflossenen Muskel die Erregungswelle entweder ausschliesslich oder doch vorwiegend von der Kathode ausgeht und dass je nach der Dicke des kathodischen Muskelendes die Stromdichte an dem Reizort eine verschiedene sein wird. Bei unseren Vorversuchen behufs Aufsuchung der maximalen und übermaximalen Reizstärke haben wir wiederholt die Stromrichtung variirt und dabei sehr auffallende Unterschiede in der Erregungsgrösse bis zum übermaximalen Reize hin gesehen, welche im Einzelnen zu deuten wir nicht in der Lage sind; es würde dies eine eigene Untersuchung erfordern. Die Serien *A* und *D* von Fig. 24, Taf. VII, zeigen die Unterschiede der Hubhöhen bei aufsteigendem und absteigendem Strom. Wir haben aus unserer Erfahrung uns die Regel entnommen, bei den einzelnen Muskeln diejenige von beiden Stromrichtungen zu benutzen, welche die grössere maximale Wirkung hatte. Zum Beispiel wurden beim Gastroknemius stets absteigende Ströme benutzt und zwar ein für allemal wie angegeben bei übereinander geschobenen Rollen und zwei Daniells in dem primären Kreis. Trotzdem konnten die ersten Schläge nicht sofort für den Beginn der Versuchsreihe benutzt werden, weil auch bei unveränderter Temperatur die Erscheinung der Treppe (Luciani) hervortrat; erst etwa von fünf Schlägen an blieb die Erregungsgrösse bei Reizen, welche in gleichem Intervall folgten, gleich; erst dann konnte die Versuchsreihe beginnen.

Die tetanisirenden Reize (Taf. VIII, *E*) wurden vom du Bois-Reymond'schen Schlitteninductorium unter Beibehaltung der übrigen Anordnung bei dem Spielen des Neef'schen Hammers geliefert. Die Reizfrequenz betrug 50 bis 60 Schläge in der Secunde und war innerhalb jeder Versuchsreihe constant. Der Hammer blieb dauernd in Schwingung, ein Platincontact war (ausser einem Vorreiberschlüssel) als Nebenleitung zwischen der secundären Spirale und dem Praeparat angebracht und ein zweiter Platincontact war in den primären Stromkreis eingeschaltet. Der an der Kymographiontrommel angebrachte Stift öffnete zuerst die Nebenschliessung und dann den primären Strom. Durch Variiren des räumlichen Intervalles zwischen beiden Contacten konnte bei gleichbleibender Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel die Zeitdauer des Tetanus variirt werden; innerhalb jeder Versuchsreihe blieb sie constant.

Das benutzte Kymographion ist ein von Baltzar und Schmidt in Leipzig geliefertes, dessen 50 ^{cm} im Umfang messende Trommel einen Umlauf in 3″ vollenden konnte. Es wurde bei vertical stehender Drehachse benutzt. Die Trommel musste nach jedem einzelnen Versuch angehalten und dann von neuem in Bewegung gesetzt werden; erfahrungsgemäss ist,

dank dem vorzüglich wirkenden Regulator, die Constanz der Geschwindigkeit nach der ersten Viertel Umdrehung sicher erreicht. Der durch die Trommel zu öffnende Reizcontact wurde aber stets so aufgestellt, dass er erst nach drei Viertel Umdrehung von dem hierfür bestimmten Stift getroffen wurde.

Unsere Versuche haben wir an Sommer- und Winterfröschen (Rana esculenta) Berliner Herkunft mit Muskeln nicht curarisirter und nach verschiedenen Methoden curarisirter Thiere angestellt: das Wesentliche der Erscheinungen, welche wir beschreiben werden, tritt bei allen Praeparaten, curarisirten und nicht curarisirten, frisch praeparirten oder bei Kälte aufbewahrten hervor. Die grösste Vorsicht bei der Darstellung und Aufbewahrung erfordern Praeparate von nicht curarisirten Muskeln, weil auf diese alle bei der Praeparation unvermeidliche Nervenreize einwirken und weil sie auch nach der Praeparation unter dem dauernden Einfluss der absterbenden Nerven leiden. Die regelmässigsten Erfolge haben wir erhalten von Muskeln, welche folgendermaassen curarisirt waren. Dem Frosch wurde einen Tag vor dem Versuch eine Dosis einer 1procentigen Curare-Lösung und zwar 0·1 bis 0·2 ^{ccm} mit der Pravaz'schen Spritze in den Rücken-Lymphsack ohne Verlust eingespritzt und das Thier in den mit einer dünnen Schicht Wasser versehenen Froschtopf zurückgesetzt. Am nächsten Tage waren die Muskeln stets vollkommen curarisirt; bei der Praeparation wurde darauf geachtet, ob beim Anschneiden der grossen Gefässe eine kräftige arterielle Blutung erfolgte. Nur in diesen Fällen wurden die Thiere verwendet, bezw. regelmässige Resultate von ihnen erwartet. Von demselben Frosch haben wir oft vier Muskeln zum Versuch angewendet, beide Gastroknemien und von den Oberschenkelmuskeln einen Sartorius und einen Semimembranosus. Um dies zu erreichen, beginnt man mit einem Hautschnitt vom Knie bis zum Bauch und schlägt die Haut nach aussen zurück; um die Sehne des Sartorius wird eine Ligatur mit Oese für den unteren Muskelhaken geschlungen. Nachdem dieser Muskel vorsichtig bis zu seinem Beckenansatz frei praeparirt ist, trennt man das Becken quer zwischen dem Ansatz des Sartorius und Semimembranosus. Der Sartorius wird an dem zugehörigen Stück Beckenknochen aufgehoben und mittels desselben an dem oberen an der Muskelklemme befestigten Haken aufgehängt, indem der Beckenknochen in den Hohlraum der Spirale geschoben wird, dann lässt man den Muskel in seine Kammer hinab.

Die Vorbereitung des Semimembranosus geschieht auf entsprechende Weise; es ist nur zu rathen, das Stück Tibia, welches den unteren Muskelansatz trägt, mitzunehmen, namentlich wenn man beabsichtigt, den Muskel bei isometrischem Régime zu tetanisiren. An dem Gastrocnemius liessen wir ebenfalls nur ein kurzes Stück des Femur; dies reichte aus, um ihn

in der Spirale des oberen Hakens aufzuhängen. Damit der in der Achillessehne befestigte Haken diese bei isometrischer Tetanisation nicht durchreisst, haben wir uns absichtlich damit begnügt, mit demselben Faden eine Ligatur oberhalb und eine solche unterhalb des Hakens um die Sehne zuschnüren.

Nachdem der Muskel praeparirt ist, wird seine Einführung in die Muskelkammer auf folgende Weise bewerkstelligt. Die Muskelklemme wird geöffnet und der obere Muskelhaken abgenommen. Der Muskel wird in dem Haken befestigt und senkrecht in seine Kammer versenkt; es ist nothwendig, dass der Muskel sich gut in der Mitte der Kammer befinde, damit er bei seiner contractilen Anschwellung die metallische Wand nirgends berühre. Endlich schliesst man die Kammer so hermetisch wie möglich durch den oberen Deckel und durch den unteren mit Goldschlägerhaut bespannten Rahmen. Man muss Sorge tragen, dass die Haut immer gut mit physiologischer Kochsalzlösung getränkt erhalten werde.

Am Schlusse der Darstellung unserer technischen Maassnahmen können wir im Allgemeinen noch hinzufügen, dass wir uns bemüht haben, alle Vorsichtsmaassregeln anzuwenden, welche die Physiologie, namentlich die der Nerven und Muskeln als nothwendig erkannt hat und für ähnliche Untersuchungen vorschreibt.

Uebersichtliche Darstellung der Resultate.

Der Verlauf der überwiegenden Mehrzahl von Versuchsreihen ist so regelmässig gewesen, dass wir die Resultate in schematischer Darstellung zusammenfassen können, welche alle Einzelheiten, betreffend den Einfluss der Temperatur auf die Erregungsdauer, die Erregungsgrösse, die Form der Curven und die Länge des Latenzstadiums in bestimmten Regeln zum Ausdruck bringt.

Die erste schematische Darstellung (Taf. IV, *A*) bezieht sich auf einzelne Reize beim isotonischen Verfahren, und besteht aus zwei Theilen, welche der Uebersichtlichkeit wegen auseinander gehalten werden mussten und von denen der rechte die Erscheinungen zwischen der Temperatur für maximale Hubhöhe und für Gefrierung, der linke das Intervall bis zur Wärmestarre umfasst. Wir bezeichnen diese Darstellungsweise als eine schematische, weil keine einzige Versuchsreihe alle Temperaturgrade von der Erstarrung bis zur Erfrierung umschliesst, bezw. wenn sie es thut, allen Zwischenstufen gerecht wird. Es wurden deshalb Versuchsreihen von gut vergleichbaren Muskeln combinirt, so dass alle Curven Copien von wirklichen in Versuchen gewonnenen Originalen sind.

Die Hubhöhe zeigt ein absolutes Minimum in der Nähe des Gefrierpunktes, wo bei der Muskelreizung keine Längenänderung mehr zu beobachten ist (*f*). In den einzelnen Versuchen haben wir uns diesem Muskel-

zustand noch weit mehr genähert, als in (*f*) zum Ausdruck gelangt ist; so lange der abgekühlte Muskel bei der Reizung noch ein Minimum von Verkürzung zeigt, kann er sich durch Erwärmen wieder erholen, sonst nicht mehr.

Ein relatives Minimum hat die Hubhöhe bei etwa 19° (*a*); von hier aus steigt sie einerseits bis zu dem absoluten Maximum, welches sie durch den einzelnen Reiz überhaupt erreichen kann bei etwa 30° (*h*), andererseits zu einem relativen Maximum bei 0° (*c*). Das Minimum der Zuckungsdauer fällt zusammen mit dem absoluten Maximum der Hubhöhe (*h*) und die Zuckungsdauer wächst von da an mit sinkender Temperatur continuirlich bis zum Verschwinden der Zuckung.

Was die Form der Zuckungscurve betrifft, so findet die grösste Annäherung an die Symmetrie (Gleichheit von Steilheit des An- und Abstieges) bei dem relativen Minimum der Hubhöhe statt (19° *a*); von da aufwärts wächst die Steilheit des Abstieges schneller als die Steilheit des Anstieges, während abwärts bis zum relativen Maximum der Hubhöhe (*c*) die Steilheit des Anstieges weit schneller abnimmt, als die Steilheit des Abstieges. Letztere bleibt, wenigstens im oberen Theil der Curve, bis dahin annähernd constant um erst von da abwärts schnell abzunehmen. Das Latenzstadium verhält sich wie die Zuckungsdauer; es nimmt mit sinkender Temperatur continuirlich zu. In der Nähe des absoluten Maximums der Hubhöhe (*h*) ist die Steilheit des Abstieges enorm gross, und dies sind die einzigen Fälle, in denen unsere isotonischen Curven durch Schleuderung complicirt sind. In der schematischen Darstellung ist dies durch eine punktirte Verlängerung der Curve unterhalb der Abscissenaxe angedeutet. Die maximale Hubhöhe (*h*) ist nichtsdestoweniger von Schleuderung frei, denn in Tetanuscurven mit gleich steilem Anstieg wurde die maximale Hubhöhe in gleichmässigem Curvenzug ohne anfängliche Spitzenbildung erreicht.

Der Uebersichtlichkeit wegen sind die Aenderungen, welche zwischen dem absoluten Maximum der Hubhöhe bei Erwärmung und zwischen dem Entstehen der Wärmestarre sich abspielen, gesondert dargestellt in den Curven *i*, *k* und *l*. Es ist nämlich eine Thatsache, dass die Erregbarkeit in dem Intervall von etwa 30° bis zur Erstarrungstemperatur mehr und mehr abnimmt; dieses Verhalten, welches von den früheren Autoren übersehen worden ist, scheint den normalen Verhältnissen am meisten zu entsprechen. Wir haben es wenigstens in einer grossen Zahl von Fällen, namentlich beim isometrischen Verfahren zu sehen bekommen und zwar regelmässig dann, wenn die Curvenreihe von einer eigenthümlichen schwer zu erklärenden Complication frei war. Diese Complication, welche besonders leicht bei isotonischem Verfahren und nicht curarisirten Muskeln auftritt, besteht darin, dass der Muskel bei den höheren Graden der Erwärmung zu

Summation der Erregung neigt, unter Bedingungen, bei denen kein Grund für wiederholte Reize zu entdecken ist. In den von dieser Complication reinen Versuchsreihen stellt sich nun aber das Verhalten derart heraus, dass die Hubhöhe mehr und mehr abnimmt bei gleichbleibender oder etwas abnehmender Zuckungsdauer und bei einer geringen, aber noch merklichen Abnahme der Dauer des Latenzstadiums. Bei passender Geschwindigkeit der Erwärmung gelingt es übrigens, mit Sicherheit zu zeigen, dass die Erregbarkeit des Muskels gegen elektrischen Reiz fast vollkommen verschwindet, ehe die Verkürzung durch Wärmestarre eintritt; selbst die Curven kehren, auch wenn ihre Hubhöhe schon minimal geworden ist, noch zur Abscissenaxe zurück und zeigen weder Contractur noch Verkürzungsrückstand. Dass bei etwas schnellerem Tempo der Erwärmung sich die Dinge so darstellen können, wie in den oben angezogenen Curven von Marey[1] kann wohl daran liegen, wie der Autor selbst vermuthet, dass dann äussere Schichten der Muskeln schon in die Wärmestarre verfallen, während innere noch einen Rest von Erregbarkeit bewahrt haben. Die Linie (n) stellt die Grösse der Verkürzung des Muskels bei vollkommener Wärmestarre dar.

Der typische Einfluss der Temperatur auf die einzelne Zuckung des Muskels beim isometrischen Verfahren wird durch die schematische Darstellung A' veranschaulicht; die einzelnen Curven derselben entsprechen buchstabenweise denen in A. In der Mehrzahl der wesentlichen Punkte könnte zur Erläuterung von A' beinah dasselbe gesagt werden wie zu A; nur zwei Erscheinungen, in denen das Verhalten bei isotonischem und isometrischem Verfahren wesentlich verschieden ist, müssen besonders hervorgehoben werden. Alle isotonischen Curven sind auf ihrem Gipfel kuppenförmig, d. h. sobald das Maximum der Ordinaten erreicht ist, beginnt auch sofort die Wiederabnahme. In den isometrischen Curven dagegen tritt im Temperaturbereich zwischen Zimmertemperatur und der Nähe des Gefrierpunktes auf der Höhe der Zuckung ein Plateau auf (während kürzerer oder längerer Zeit bleibt das Maximum der Spannung, nachdem es einmal erreicht ist, constant). Der zweite Punkt, in welchem sich die Spannungsentwickelung im Muskel anders verhält wie die Verkürzung desselben, betrifft die Wärmestarre. Während die Verkürzung durch Wärmestarre stets grösser ist wie die grösste Verkürzung bei einzelnem Reiz des erwärmten Muskels, ja auch grösser wie die grösste tetanische Verkürzung, so bleibt die durch Wärmestarre erzeugte Spannung stets in beträchtlichem Maasse hinter der maximalen Spannung des erwärmten einmal gereizten Muskels zurück, wie dies durch die Höhe der Linie n' angedeutet ist.

---

[1] *Du mouvement dans les fonctions de la vie.* p. 354.

Die Curvenreihen *B* und *B'* enthalten schematische Darstellungen der wesentlichen auf den Tetanus bei isotonischem (*B*) und isometrischem (*B'*) Verfahren bezüglichen Verhältnissen. *a* und *a'* sind Tetani bei Zimmertemperatur; es sind dies diejenigen, welche die grössten Ordinatenwerthe nicht nur erreichen, sondern auch über längere Zeit innehalten. Bei sinkender Temperatur (*b*) erreicht der Ordinatenwerth eine viel kleinere Höhe, selbst wenn die zugehörige einzelne Zuckung höher war als die einzelne Zuckung bei Zimmertemperatur. Die einmal erreichte Ordinatenhöhe bleibt auch hier beträchtliche Zeit constant. *c* und *c'* sind Tetani bei erhöhten Temperaturen; die anfänglich erreichte Ordinatenhöhe und die Schnelligkeit, mit welcher sie erreicht wird, ist grösser wie bei *a* und *a'*, bezw. *b* und *b'*, der Tetanus fängt aber sehr bald an abzusinken. Steigert man die Temperatur noch mehr, so nimmt auch die Anfangshöhe ab und der Tetanus sinkt bei gleich bleibender Reizstärke jäh abwärts (*d* und *d'*). Punkt *e* und *e'* entspricht dem Moment, in welchem der letzte Reiz der tetanisirenden Reizfolge eingewirkt hat; die Tetani erstrecken sich verschieden lange Zeit über diesen Punkt hinaus, aber jeder Tetanus endigt ziemlich genau nach so viel Zeit als die letzte einzelne Zuckung, wenn sie allein erfolgt wäre, gebraucht hätte. Man kann auch zeigen, dass die Uebereinstimmung zu einer genauen wird, wenn man der bekannten Verlängerung der Zuckungsdauer durch Ermüdung Rechnung trägt. Für die Vergleichung der schematischen Darstellung *A*, *A'* und *B*, *B'* muss hinzu gefügt werden, dass die Längeneinheit der Abscissenlinie in *B*, *B'* einen doppelt so grossen Zeitwerth hat wie in *A*, *A'*.

Noch übersichtlicher als in der schematischen Darstellung *A*, *A'* und *B*, *B'* treten die Einflüsse der Temperatur hervor, wenn man Curven construirt, bei welchen alle Abscissen proportional der Temperatur sind und bei welchen man den Ordinaten der Reihe nach verschiedene Bedeutungen giebt, je nach den verschiedenen Einflüssen, welche die Temperatur ausübt, (Hubhöhe, Spannungswerth, Zuckungsdauer etc.). In *C* stellt die Curve *a* die Hubhöhe bei einzelnen Zuckungen und die Curve *b* die Hubhöhe im Tetanus als Function der Temperatur (bei isotonischem Verfahren) dar.

Es ist von Interesse, hiermit ein Curvenpaar zu vergleichen, in welchem die Spannungswerthe in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur erscheinen. Ohne weiteres sind Längeänderungen mit Spannungsänderungen nicht vergleichbar; sie werden es aber, wenn man der Ordinatenlänge der Hubhöhe, welche in der einzelnen Zuckung bei einer bestimmten Temperatur erreicht wird, die Ordinatenlänge gleich macht, welche der unter gleichen Bedingungen erreichten Spannung entsprechen soll: der hierfür geeignete Temperaturpunkt liegt bei 19°. Auf diese Weise sind die Curven *C'* construirt. Man erkennt aus ihnen ausserdem, was schon aus der schema-

tischen Darstellung A und A' hervorgeht, dass im Allgemeinen das Verhältniss der tetanischen Leistung zur Leistung auf einzelnen Reiz bei Isometrie grösser ist, als bei Isotonie und dass dieser Unterschied am grössten ist bei etwa 30°. Bei 19° ist das Verhältniss der einzelnen Zuckung zum Tetanus isotonisch wie 1 zu 2·8, isometrisch wie 1 zu 4. Bei 30° ist das erstere Verhältniss wie 2·1 zu 3·1, das letztere wie 1·8 zu 4·9. Es ist dies um so bemerkenswerther, als die Hubhöhe bei 30° diejenige bei 19° mehr übertrifft (2·1 zu 1) als die Spannung (1·8 zu 1). Man könnte dies so ausdrücken, dass die Summirbarkeit der Erregungen bei Isometrie grösser ist als bei Isotonie und dass die stärkste Summirbarkeit angetroffen wird bei 19° und Isometrie, demnächst bei 30° und Isometrie und dann erst bei 19° und Isotonie.

Es liegt nahe, in den tetanischen Ordinatenwerthen einen Maassstab der Brauchbarkeit für die Zwecke des Organismus bei den verschiedenen Temperaturen zu suchen; dies geht in der That auch an bei Temperaturen von 19° abwärts wo die Ermüdung des Muskels bei fortgesetztem Tetanus nicht stark hervortritt; anders ist dies bei Temperaturen oberhalb 19°, hier ist der tetanische Ordinatenwerth sichtlich kein treuer Maassstab mehr für die Brauchbarkeit des Muskels. Um einen solchen zu gewinnen, muss man die tetanischen Ordinatenwerthe in dem Maasse der mit steigender Temperatur schnell zunehmenden Ermüdbarkeit reduciren, wie dies der gestrichelte Curvenzug (c und c') zwischen 19° und Wärmestarre andeutet. Bei Temperaturen, welche unter 19° liegen, tritt ein anderer Factor auf, welcher die Brauchbarkeit des Muskels beeinträchtigt, es ist dies die mit sinkender Temperatur immer beträchtlicher werdende Verlangsamung im Anstieg der tetanischen Curve und das Ueberdauern derselben über den Moment des letzten Erregungsanstosses. Wenn man durch Schätzung den die Brauchbarkeit des Muskels beeinträchtigenden Factoren Rechnung trägt, so kommt man zu einer Curve, deren Verlauf die Abhängigkeit der Brauchbarkeit des Muskels von der Temperatur zur Anschauung bringt: in C und C' hat der gestrichelte Curvenzug diese Bedeutung.

In den Curven D und E bedeuten die Ordinaten Zeitwerthe. D stellt in a die Zuckungsdauer und in b die Dauer des Plateaus bei Isometrie als Function der Temperatur dar. E zeigt die Dauer des Latenzstadiums als Function der Temperatur. In F misst die Ordinate das Verhältniss zwischen Dauer der wachsenden Energie und Dauer der sinkenden Energie: sicher ist dies Verhältniss gleich 1 bei 19°, hier besteht Symmetrie der Curve; ebenso zuverlässig ist der Curvenzug zwischen 19° und — 5°, in diesem Intervall nimmt die Dauer des Aufstiegs zunächst weit beträchtlicher zu, wie die Dauer des Abstiegs, und zwar bis 0°, von wo ab wieder Ausgleichung beginnt. Dieselbe ist vollendet bei — 5°, wo die Curve wieder den Ordi-

natenwerth 1 erreicht. Oberhalb 19° haben wir die Curve so gezeichnet, wie aus unseren Original-Curven ohne weiteres folgen würde; es ist aber zu bedenken, dass wir den Einfluss, welchen die Schleuderung auf den Zeitpunkt des Curvenendes haben kann, nicht so genau unter Controle hatten, wie den Einfluss der Schleuderung auf die Höhe des Curvenmaximums und den Moment der Erreichung des Curvenmaximums. Es liegt dies daran, dass (bei höherer Temperatur) die Curve, selbst wenn ein grosser Theil des aufsteigenden Astes sehr steil ist, sich dem Maximum meist langsamer nähert, als bei dem Abstieg die Nulllinie erreicht oder überschritten wird. Ueberhaupt ist aus dem Verhältniss der Dauer des ansteigenden zur Dauer des absteigenden Curvenantheiles kein allgemeiner Schluss auf das Verhältniss zwischen Steilheit des Anstieges und Steilheit des Abstieges zu ziehen, weil, wie aus unserem gesammten Curvenmaterial hervorgeht, die Steilheitsänderungen innerhalb jeden Curvenabschnittes sehr mannigfach sind. Um sich hierüber ein Urtheil zu bilden, muss man die Versuchscurven selbst miteinander vergleichen. In der vorliegenden durch Abstraction gewonnenen Curve *F* haben wir den Sachverhalt bezüglich des Verhältnisses der Dauer von Aufstieg und Abstieg nach unserer Schätzung durch die gestrichelte Linie corrigirt.

Ueber 30° bis zur Wärmestarre wird die Dauer des Aufstiegs wieder kleiner und da die Dauer der ganzen Zuckung sich kaum verändert, so findet das Verhältniss von Auf- und Abstieg seinen sicheren Ausdruck in einer Linie, deren Ordinatenwerthe kleiner als 1 sind.

Beschreibung von Versuchsbeispielen.

Isotonische Zuckungen zwischen Zimmertemperatur und Gefrierpunkt.

Die Curvenreihen Fig. 1 *A* u. *B* auf Taf. V gehören zusammen; sie sind von demselben Semimembranosus eines am vorhergehenden Tage curarisirten Frosches gewonnen. *A*, 1 ist die erste Curve der Reihe und wurde bei Zimmertemperatur (17°) genommen; von da an sinkt die Temperatur ab bis zur Curve 5, Reizintervall etwa 3 Minuten. Bei 2 zeigte das Thermometer im Kühlbecken 11°; bei 3, 7°; bei 4, $2^1/_2$°; bei 5, 1°. 8 Minuten nach Gewinnung der Curve 5, wurde Curve 6 in *B* genommen, während das Thermometer 2° zeigte. Von Curve 7 bis 13, welche mit je 2 Minuten Intervall gewonnen sind, nahm die Temperatur wieder zu, und betrug bei 7, 6°; bei 8, 8°; bei 9, 12°; bei 10, 17°; bei 11, 21°; bei 12, 22°; bei 13, 24°. Die Geschwindigkeit der Zeichenfläche war derart, dass ein

Centimeter der Abscissenlänge einem Zeitwerth von 0·135″ entspricht.[1] In diesen Curven tritt eine so bedeutende Steigerung der Hubhöhe bei Erniedrigung der Temperatur hervor, wie sie von den bisherigen Beobachtern nicht beschrieben wurde, wie sie aber in unseren Versuchen mit absoluter Sicherheit eingetreten ist. Es scheint, dass wir in der Wahl der Geschwindigkeit der Abkühlung glücklicher gewesen sind, sonst würde es uns kaum vorbehalten geblieben sein, auf diese so auffallende und für die Theorie gewiss bedeutungsvolle Erscheinung auffmerksam zu machen. Am grössten wird der Ueberschuss der maximalen Hubhöhe des abgekühlten Muskels über die Hubhöhe bei Zimmertemperatur, wenn man, wie es in vorliegenden Beispiel geschehen ist, einen langen, parallelfasrigen Muskel verwendet.

Sehr deutlich tritt weiter in beiden Curvenreihen die Abnahme der Steilheit des ansteigenden Astes, bei annähernder Constanz der Steilheit des absteigenden hervor, eine Erscheinung, welche übrigens für den hier zur Darstellung gebrachten Temperaturbereich ganz typisch ist. Die Constanz bezieht sich, wie man sieht, nur auf einen verschieden langen oberen Theil der Curve; die schliessliche Rückkehr zur ursprünglichen Gleichgewichtslage findet mit Abnahmen der Temperatur immer langsamer statt. Ob man diesen Theil der Curve als einen Ausdruck der Contractur (Tiegel) oder eines Verkürzungsrückstandes (Hermann) betrachten will, mag Jedem überlassen bleiben. Auf die Aenderung des Latenzstadiums, welche auch in diesen Curvenreihen typisch hervortritt, denn sie sind durchweg bei unveränderter Stellung des Reizunterbrechers gewonnen, werden wir noch besonders zurückkommen. Aufmerksamkeit verdient noch die grosse Uebereinstimmung der Curven in der thermometrisch aufsteigenden (Fig. 1 *A*) und der thermometrisch absteigenden (Fig. 1 *B*) Curvenreihe; die geringen Abweichungen von der absoluten Uebereinstimmung je zweier entsprechender Curven beider Reihen liegt daran, dass es nicht möglich ist, bei genau gleichem Temperaturgrad und gleichem Intervall die Proben zu nehmen.

In der Curvenreihe Fig. 2, welche von einem nicht curarisirten Sartorius genommen ist, wurden die Temperaturintervalle und die zeitlichen Reizintervalle etwas kleiner gewählt und die Abkühlung weiter getrieben, wie in Curve Fig. 1 *A*; dagegen wurde auf Wiederaufsteigen der Temperatur verzichtet. Die Curven 1, 2, 3 wurden mit einem Reizintervall von je einer Minute gezeichnet und zwar bei gleicher Temperatur von 14° und bei gleicher übermaximaler Reizstärke (2 Dan., Rollen übereinander, absteigender Oeffnungs-

[1] Dies ist die Geschwindigkeit für die hier abgezeichneten Curven; da diese die von 1:2¼ durch Photographie reducirten Originalcurven sind, war die Geschwindigkeit beim Experimentiren 0·06″ pro Centimeter Abscissenlänge.

schlag). Trotzdem tritt zwischen 1 und 2 eine sehr bedeutende und zwischen 2 und 3 eine noch eben merkliche Aenderung der Hubhöhe bei gleichbleibender Zuckungsdauer hervor (Phaenomen der Treppe). Die annähernde Uebereinstimmung zwischen 2 und 3 gestattete die Temperaturänderungen beginnen zu lassen. Es wurden wie schon gesagt, mit einem zeitlichen Intervall von je einer Minute gewonnen: Curven 1, 2, 3 bei 14°; 4 bei 10°; 5 bei 8°; 6 bei 5°; 7 bei 3°; 8 bei 2°; 9 bei 0°; 10 bei — 2° 11 bei — 3°; 12 bei — 4°; 13 bei — 5°; 14 bei — 5°; 15 bei — 6°; 16 bei — 7°; und 18 — 7°. Das Maximum der Hubhöhe bei Abkühlung des Muskels ist erreicht bei — 3° (Curve 11); von da ab nimmt bei sinkender Hubhöhe die Zuckungsdauer beständig zu, die Steilheit des ansteigenden Astes beständig ab und der absteigende Ast wird in seiner Steilheit dem aufsteigenden ähnlicher: die Curve nähert sich der symmetrischen Form. Die Umlaufgeschwindigkeit ist wie bei Fig. 1.

Die Curvenreihen Fig. 3, *A*, *B*, *C* sind in unmittelbarer Aufeinanderfolge vom Sartorius eines curarisirten Frosches genommen; die Ordnungsnummer der einzelnen Curven entspricht der zeitlichen Reihenfolge des Versuches. Die ganze Curvenreihe dient dem Zweck, die Abkühlung bis an die Grenze des Erregbarkeitsverlustes bei erhaltener Restitutionsfähigkeit der Muskelsubstanz zu treiben. Curve 1 wurde bei Zimmertemperatur von 17° genommen; dann wurde der Behälter mit Schnee und Salmiak gefüllt und die Curven 2 bis 8 mit je einem Zeitintervall von etwa 2 Minuten gezeichnet: die Temperatur war alsdann in dem Kühlbecken überall unter — 5°. Nachdem der Muskel dem erkältenden Einfluss noch weitere 4 Minuten ausgesetzt gewesen war, wurde die Curve 9 genommen. Jetzt war nach unseren sonstigen Erfahrungen zu erwarten, dass bei weiterer Zunahme der Abkühlung die Erregung auf einen neuen Reiz bald ausbleiben und die Erregbarkeit dann nie wiederkehren würde. Wir befanden uns an der oben angegebenen Grenze. Damit dieselbe nicht überschritten würde, unterbrachen wir die weitere Abkühlung durch schnelles Zuleiten von Wasser von 12° Wärme, bei gleichzeitiger Ableitung der Salzlösung, und bei einen Zeitintervall von je 4 Minuten wurden die Curven 10, 11 und 12 aufgenommen. Als die Curve 13 der Reihe *C* gezeichnet wurde, war die Temperatur im Becken 11°. Jetzt wurde eine neue Kältemischung eingefüllt, der Zu- und Abfluss unterbrochen, und in Intervallen von je 2 Minuten wurden nun die übrigen Curven bis 19 gezeichnet.

Man sieht also, dass dieser Muskel, welcher seine Erregbarkeit bis zu einem solchen Grade wie ihn die Curve 9 darstellt, eingebüsst hatte, dieselbe unter erhöhten Temperaturen vollkommen wiedergewinnt und wie er dann bei Temperaturänderungen die gewöhnliche Reihe der Erscheinungen zeigt.

Curvenreihe Fig. 4 *A* stammt von einem nicht curarisirten Sartorius; sie dient zur Demonstration der Verlängerung des Latenzstadiums bei fortschreitender Abkühlung des Muskels. Um dieselbe deutlicher hervortreten zu lassen, als es bei der gewöhnlichen Darstellung der Versuchsreihe möglich war, wurde die Abscissenhöhe für jeden neuen Versuch etwas verringert und es wurde keine Abscisse durchgezogen. Curve 1 entspricht der Zimmertemperatur (17°); während eine Kältemischung einwirkt, wurden nach 3 Minuten die Curven 2, 3, 4 gezeichnet.

In Curvenreihe Fig. 4 *B* ist der Möglichkeit der genauen zeitlichen Auswerthung des Latenzstadiums bei zwei weit von einander abstehenden Temperaturen durch Hinzufügen der Marke des Reizmomentes (1) und durch Beschränkung der Curvenreihe auf zwei Glieder noch mehr Rechnung getragen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit war absichtlich halb so gross als die der bisher vorgelegten Curven. Die Curven stammen von einem Semimembranosus eines Tags zuvor curarisirten Frosches. In dem primären Stromkreis befand sich ein Daniell, die Rollen waren übereinander geschoben, der Reiz war ein in dem Muskel absteigender Oeffnungsinductionsschlag. Curve 2 wurde bei Zimmertemperatur (17°) genommen; Curve 3 nachdem eine nicht zu stark abkühlende Kältemischung etwa 10 Minuten eingewirkt hatte und die Temperatur im Becken etwa + 3° betrug und im Muskel auf + 5° geschätzt werden konnte. Das Latenzstadium bei 2 bestimmt sich zu 0·006″, bei 3 zu 0·015″.

Derselbe Muskel diente in Curvenreihe Fig. 5 dazu, eine andere Frage zu erledigen, welche sich bei der allerdings nur oberflächlichen Aehnlichkeit im Zuckungsverlauf des abgekühlten Muskels mit dem Veratrinmuskel aufdrängte. Bekanntlich ist es Biedermann[1] gelungen, auf der Zuckungshöhe von Veratrinmuskeln durch Einwirkung des constanten Stromes auf den Muskel eine plötzliche Abnahme der Hubhöhe zu erzielen. Obgleich die Erschlaffung eine partielle, auf die Umgebung der Anode beschränkte und sich nicht als Welle über die ganze Muskellänge ausbreitende ist, wie Biedermann selbst gezeigt hat, so scheint man doch dieser Erscheinung eine principielle Wichtigkeit für die Theorie der Hemmung von Muskelbewegungen beizulegen. Wenn wir uns dieser Ansicht auch nicht anschliessen können, so musste doch der Versuch gemacht werden, ob der abgekühlte Muskel bei der gleichen Behandlung nicht dieselbe Erscheinung zeige, wie der Veratrinmuskel. Es war Vorsorge getroffen (Taf. VIII, *F*) den passend abgekühlten Muskel zuerst durch einen maximalen absteigenden Inductions-

[1] W. Biedermann, Ueber Hemmungserscheinungen bei elektrischer Reizung quergestreifter Muskeln und über positive kathodische Polarisation. *Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien.* Abthlg. III. Bd. XCII. S. 142.

schlag zu reizen und dann auf der Höhe der Zuckung plötzlich von einem ebenfalls absteigenden constanten Strom zweier Daniell-Elemente durchfliessen zu lassen. Die Reizelektroden *a* und *b* waren mit den axialen Drahtklemmen einer Pohl'schen Wippe ohne Kreuz verbunden; von den zwei übrigen Drahtklemmen leitete das Paar der einen Seite *c* und *d* zu den Enden der secundären Spirale des Schlitteninductoriums, in dessen primäre Spirale der erste Platincontact *e* wie bei den gewöhnlichen Versuchen aufgenommen war. Der Bügel der Wippe lag vor Beginn des Versuchs in dem zu diesen Klemmen gehörigen Quecksilbernäpfen. Von dem gegenüber liegenden Paar der Drahtklemmen verzweigte sich die Leitung einerseits zu den beiden Enden *i* und *h* des zweiten Platincontactes *k*, andererseits zu dem Zink und Kupfer der Kette *f* und *g*, so dass nach Umlegen der Wippe der zweite Contact den Strom der Kette zunächst noch vom Muskel abblendete und dass erst im Moment der Oeffnung des Contactes der Strom sich durch den Muskel ergiessen konnte. Der Verlauf des Versuches war nun folgender: zuerst wurde bei dauernder Lage des Bügels in der ersten Anordnung die Curve 4 (Fig. 5 Taf. V) durch alleinige Einwirkung des Oeffnungsschlages auf den Muskel gewonnen; dann wurde die Wippe umgelegt und in einem neuen Versuch die Curve 5 als Schliessungszuckung durch einen constanten Strom gezeichnet. Der zweite Contact wurde etwas näher dem ersten gerückt, der Bügel in die erste Stellung gelegt, die Kymographion-Trommel in Bewegung gesetzt und unmittelbar nach der Oeffnung des ersten Contactes, welche deutlich gehört wurde, die Wippe schnell mit der Hand umgelegt, und als nun der Stift der Kymographiontrommel den zweiten Platincontact öffnete, konnte sich der Kettenstrom durch den Muskel ergiessen ohne dass die secundäre Spirale eine Nebenleitung gebildet hätte. Es wurde so die summirte Zuckung der Curve 6 gewonnen, und es ergab sich, dass der zweite Contact, um den vorgesetzten Zweck zu erreichen, etwas mehr dem ersten genähert werden musste; dies geschah, die Wippe wurde wieder zurückgelegt und die Curve 7 gewonnen. Dieselbe zeigt nun, dass durch einen auf der Höhe der durch Abkühlung beträchtlich verlängerten Zuckungscurve in den Muskel hereinbrechenden constanten Strom auf gewöhnliche Weise eine Summation der Erregung, welche zu Vergrösserung der Zuckungsdauer führt, bewirkt wird. Ein Erfolg, wie ihn Biedermann bei dem Veratrinmuskel gesehen hatte, trat nicht ein. Dieser Versuch wurde öfters mit gleichem Erfolg wiederholt.

Abkühlung bei isometrischem Verfahren.

Die Curvenreihen Fig. 6 *A* und *B* sind in unmittelbarer Aufeinanderfolge von dem Gastroknemius eines einen Tag zuvor curarisirten Frosches ge-

nommen worden. Die Strichreihe 1 ist bei demselben übermaximalen Reiz (2 Dan., Rollenabstand 0 u. s. w.) und still stehender Trommel im Reizintervall von einer halben Minute entstanden und zeigt das Phaenomen der Treppe. Nachdem die Erregbarkeit des Muskels durch die voraufgegangenen Reize annähernd constant geworden war, konnte zum Beginn der eigentlichen Versuchsreihe geschritten werden. Curve 2 wurde eine Minute nach Beendigung der Reihe 1 bei Zimmertemperatur (17°) genommen; dann wurde eine starke Kältemischung in das Becken gethan und die nächst höhere Curve drei Minuten nach Curve 2 gezeichnet. Von jetzt ab folgten sich die Curven bis zu Nummer 16 mit dem Reizintervall von je einer Minute, während sich der Muskel mehr und mehr abkühlte. Das Thermometer in dem Behälter zeigte um diese Zeit — 10° an. Der Uebersichtlichkeit wegen wurde die Trommel gehoben und die Curvenreihe Fig. 6 *B*, Nummer 17 bis 25 mit einem Reizintervall von meistens zwei Minuten gezeichnet, so dass bei Nr. 25, bei welcher die Abweichung der Curve aus der Abscissenlinie minimal geworden ist, die erkältende Wirkung 32 Minuten gedauert hatte. Jetzt war der Muskel wahrscheinlich gefroren und eine Wiedererholung desselben trat nicht ein, obgleich für ein sofortiges und nicht zu schnelles Ansteigen der Temperatur gesorgt wurde. Die Curvenreihe Fig. 6 *A* eignet sich vorzüglich zum Vergleich mit der Curvenreihe Fig. 2, welche unter gleichen Bedingungen bei isotonischem Verfahren gewonnen wurde, und welche bis auf gewisse Unterschiede in der Form des Zuckungsverlaufs, welche später noch deutlicher hervortreten werden, fast symmetrisch ist.

Curvenreihe Fig. 6 *B* diente dazu, die Frage zu beantworten, ob ein Muskel, der durch allmählich fortschreitende Abkühlung einmal unerregbar geworden ist, sich wieder erholen kann: wir müssen diese Frage nach dem Ergebnisse dieses Versuchs und vieler analoger verneinen.

Die Curvenreihen Fig. 7 *A* und *B* wurden bei einer bedeutend geringeren Umlaufsgeschwindigkeit der Trommel ($1^{\text{cm}} = 0 \cdot 027''$) als die bisherigen von dem Gastroknemius eines nicht curarisirten Frosches genommen; sie dienen dazu, zu zeigen, dass ein bis in die Nähe der Unerregbarkeit abgekühlter isometrisch wirkender Muskel bei Wiedererwärmung seine Leistungsfähigkeit für isometrische Wirkungsweise annähernd wieder erreichen kann, wie dies beim isotonischen Verfahren in Fig. 3 *A*, *B*, *C* demonstrirt ist. Curve 1 wurde bei 17° gezeichnet, dann 5 Minuten später, nachdem Kältemischung in das Becken gethan war, Curve 2 und mit Reizintervall von je 3 Minuten die Curven bis Nr. 9. Jetzt wurde der Muskel vorsichtig wieder erwärmt bis Zimmertemperatur und nach 19 Minuten als zu erwarten war, dass er die Zimmertemperatur angenommen hatte, wurde Curve 10 gezeichnet. In derselben Weise wie vorher wurde wieder abgekühlt und die Curvenreihe Fig. 7 *B* 11 bis 18 in analoger Weise genommen.

Bis auf den zum Theil wohl schon auf die gewöhnliche Ermüdung zu beziehenden Unterschied in der Grösse der entwickelten Spannung ist die Uebereinstimmung in beiden Curvenreihen eine sehr befriedigende.

Hier tritt uns zum ersten Mal ein typischer Unterschied in dem Zuckungsverlauf bei isometrischem Verfahren gegen den bei isotonischem sehr deutlich entgegen; es ist die Plateaubildung auf der Höhe der isometrischen Curven, namentlich bei mässiger Abkühlung des Muskels, welche bei isotonischen Zuckungen unter unseren Versuchsbedingungen nie hervorgetreten ist. Dieser Punkt ist wichtig genug, um hier ausführlich behandelt zu werden an der Hand besonders lehrreicher und zu diesem Zweck genommener Versuchsbeispiele.

Die Curvenreihen Fig. 8 *A* und *B* (Taf. VI) zeigen abwechselnd bei isotonischem und isometrischem Verfahren genommene Curven unter verschiedenen Bedingungen der Temperatur. Sie stammen von einem curarisirten Gastroknemius; der Trommelumlauf ist von 1 ^{cm} pro 0·0135″. Die mit dem Fortschreiten der Reihe abnehmende Temperatur betrug zu Anfang etwa 16°; man sieht, wie mit fortschreitender Temperaturabnahme ein typischer Unterschied zwischen isotonischem und isometrischem Zuckungsverlauf deutlich hervortritt. Wesentlich für den Typus der isometrischen Zuckung ist die Entwickelung eines Plateaus, d. h. eines an Dauer mit sinkender Temperatur zunehmenden Verweilens bei gleicher maximaler Spannungshöhe; die isotonische Zuckung hat selbst bei niederen Temperaturgraden eine Kuppe aber kein eigentliches Plateau. Am deutlichsten ist der Unterschied in den Curven 7 und 8, 9 und 10. Weniger in die Augen fallend, aber ebenfalls ganz regelmässig wiederkehrend und bei gewissen Temperaturen am deutlichsten in die Erscheinung tretend, ist folgender Unterschied. Die isotonische Zuckung des wenig belasteten Muskels ist bei einem Minimum des Trägheitsmoments, wie Fick ausdrücklich hervorgehoben hat, im ersten Theil fast geradlinig ansteigend, nachdem sie unter scharfem Winkel die Abscisse verlassen hat; während für die isometrischen Zuckungen die Form zutreffend ist, wie sie früher als allgemein gültig für den Zuckungsverlauf betrachtet wurde, dass nämlich der ansteigende Ast zuerst seine Convexität, dann seine Concavität der Abscissenaxe zukehrt.

Die Curvenreihen Fig. 9 *A* und *B* betreffen das Latenzstadium bei isometrischem Verfahren und entsprechen den Curven Fig. 4 *A* und *B*; sie entstammen einem curarisirten Gastroknemius, sind bei einer Umlaufsgeschwindigkeit von 1 ^{cm} in 0·0275″ genommen. In Fig. 9 *A* ist 2 bei Zimmertemperatur, 3 nach 6 Minuten und 4 nach 15 Minuten langer Einwirkung von Kältemischung gewonnen. In Fig. 9 *B* ist 2 von einem einige Zeit bei 5° gehaltenen Muskel und 3 von demselben, nachdem er auf Zimmertem-

peratur gebracht war, genommen. Die Verticalen 1 in Fig. 9 *A* und *B* markiren die Reizmomente.[1]

Die Curvenreihe Fig. 10 ist in analoger Weise mit isometrischem Verfahren genommen wie Curve V mit isotonischem. Der Muskel war ein curarisirter Gastroknemius von 3° bis 4°. Der Kettenstrom bewirkt auch bei Einwirkung auf der Höhe des sehr ausgesprochenen Plateaus einfach eine summirte Erregung.

Aufsteigende Temperatur mit isometrischem und isotonischem Verfahren.

Curvenreihe Fig. 11 enthält alle Stadien von Zimmertemperatur (im Winter 16°) bis zur Wärmestarre. Die Curvenreihe ist bei einer anderen Versuchsweise gewonnen als die bisher mitgetheilten. Der Cylinder des Kymographions senkte sich bei seinen Umdrehungen automatisch, so dass die Abscissenlinie eine Spirale verzeichnete; 1 cm der Abscisse = 0·0136″. Die Oeffnung des primären Stromkreises behufs Ertheilung des Reizschlages erfolgte mit der Hand.

Die Curven 1 und 2 wurden gezeichnet als die Schreibfeder noch eine horizontale Abscisse aufschrieb; nach Curve 2 fing die Trommel an, sich zu senken, und als Curve 3 gezeichnet war, wurde sie noch einmal angehalten. Die drei Curven wurden bei Zimmertemperatur (16°) erhalten; sie zeigen das Phaenomen der Treppe angedeutet. Nach Curve 3 wurde die Temperatur gesteigert auf die Weise wie es in der Tafelerklärung des Anhanges genau angegeben ist und die Curven 4, 5 u. s. w. wurden so gezeichnet, dass nach jeder Curve die Trommel angehalten wurde.

Die Höhe der Curve 4 ist geringer als die von Curve 3 und erst von 5 anfangend ist eine Erhöhung bemerkbar, welche nun aber schnell fortschreitet. Diese Erhöhung ist nicht einfach auf Schleuderung träger Massen zu beziehen, wie aus dem Vergleich dieser Muskelcurven mit ähnlichen, auf oben angegebene Weise künstlich erzeugten hervorgeht. Der Curve 13, welche die höchste der Reihe ist, kommt gemäss ihrer Vergleichung mit solchen künstlichen Curven eine wahre Spannungsgrösse zu, welche der Ordinatenhöhe bis zu dem Strich *a* entspricht.

Von Curve 13 an, wo die ziemlich schnell steigende Temperatur im Becken 33° betrug, nehmen die Curvenhöhen unter dem Einfluss der dar-

---

[1] Durch Hebung der Schraube unseres Apparates haben wir wiederholt den Muskeln verschiedene Anfangsspannungen gegeben und dabei ebenfalls bemerkt, dass das Latenzstadium dieselbe Dauer beibehält. Vergl. R. Tigerstedt, *dies Archiv*, 1885. Suppl. S. 246.

über hinaus steigenden Temperatur mehr und mehr ab. Die Zusammenziehung zeigt eine regelmässige Dauer bis zur Curve 16; von 17 an mischt sich etwas Contractur bei. Die Curve 18 und die folgenden sind wieder auf eine horizontale Abscisse aufgesetzt und von 21 an steht die Trommel still. Nach Curve 20 beginnt die Starre des Muskels sich zu zeigen, und schrieb hierbei die Spannungslinie 21 auf. Der wärmestarre Muskel bleibt kurze Zeit in diesem Spannungszustand, nach einigen Minuten erschlafft er allmählich.

Diese Curvenreihe zeigt deutlich, dass der Muskel bei steigenden Temperaturen, bis zu 30° etwa, zunehmende Contractionsspannungen entwickelt und darüber hinaus bis zu 42° abnehmende. Die Reihe zeigt nicht, dass der Muskel seine Erregbarkeit vollkommen verliert ehe er einen Anfang von Wärmestarre zeigt, wir werden diese Thatsache an anderen Beispielen demonstriren. Das Vorliegende bildet einen Uebergang von den Curven Marey's zu unserer Curvenreihe Fig. 13 *A*, welche nach unserer Ansicht der treue Ausdruck des Einflusses der mehr und mehr gesteigerten Temperatur ist. Wenn Marey die Wärmestarre eintreten sah, ohne dass die Erregbarkeit vorher geschwunden war, so lag dies, wie wir glauben, daran, dass sich die Erwärmung zu schnell vollzog. Auf den ersten Blick scheint die Dauer des Stadiums der wachsenden Energie in den Curven der Reihe Fig. 11 bedeutend grösser als die des Stadiums der sinkenden Energie. Theilweise ist dies eine Täuschung, denn statt die beiden Perioden auf verticale Ordinaten zu beziehen, wie man es zu thun pflegt, muss man bedenken, dass die Ordinaten Kreisbögen mit einem Radius von 15 ^{cm} sind (Länge des isometrischen Schreibhebels). Bringt man mit Hülfe des Zirkels die entsprechende Correction an, so findet man, dass das Stadium der wachsenden Energie nur noch wenig länger erscheint, als das der sinkenden.

In der eben abgehandelten Versuchsreihe konnten wir einen Temperaturpunkt der Muskelsubstanz mit Sicherheit angeben: der Muskel war vor Beginn des Versuches dauernd der Zimmertemperatur ausgesetzt gewesen und musste dieselbe angenommen haben. Bei Erhöhung der Temperatur tritt zunächst eine kleine aber (im Original) deutliche Abnahme der Ordinatenhöhe ein. Der Versuch war im Winter angestellt worden. Als im Sommer die Zimmertemperatur höher war ($21^1/_2{}^0$) wurde die Versuchsreihe Fig. 12 genommen, bei Abkühlung des Muskels. Bei Curve 1 hatte der Muskel also sicher die Temperatur $21^1/_2{}^0$; jetzt sank die Höhe der isotonischen Curve zuerst ebenfalls bei Curve 2, um sich dann bei Curve 3 zu heben: hieraus ist zu schliessen, dass die Temperatur, bei welcher der Ordinatenwerth der Curve ein relatives Minimum erreicht, zwischen $21^1/_2{}^0$ und 16° liegt, und in der That hatten wir aus einer grossen Zahl von Curvenreihen, bei denen unter Auf- und Absteigen mit der Temperatur bei isometrischem und isotonischem

Verfahren das relative Minimum passirt worden war, wo aber ein genaues objectives Kriterium für den jemaligen Temperaturgrad der Muskelsubstanz nicht vorlag, die dem genannten Minimum entsprechende Temperatur auf 19° geschätzt. Wir haben deshalb nicht Anstand genommen auf Taf. IV den Curven *a* und *a'* in der schematischen Darstellung *A* und *A'* und dem relativen Minimum in den Curven *C* und *C'* die Temperatur von 19° zuzuschreiben.

Von einigem Interesse würde es sein, die Frage zu entscheiden, ob und in welchem Maasse die Ordinatenwerthe bei steigender Temperatur diejenigen bei sinkender Temperatur überschreiten; es sieht oft so aus, als ob dieses Maass ein sehr beträchtliches wäre und Fick hat ja die Vermuthung ausgesprochen, dass bei Erhöhung der Temperatur auf einzelne Reize Zuckungshöhen von dem Werthe tetanischer Contractionen zu erzielen seien, ja dass diese maximalen einzelnen Erregungen bei erhöhter Temperatur unmittelbar in den Zustand der Wärmestarre übergingen. Wir haben schon gesehen und an einem ausführlichen Beispiel bei isometrischem Verfahren, Fig. 11, erläutert, dass die letztere Ansicht nicht richtig, wenigstens nicht allgemein zutreffend ist. Man kann in der That zwischen 30° und 40° eine continuirliche Abnahme der Curvenhöhe beobachten noch ehe Wärmestarre beginnt. Bleibt dieses Intervall in einer Curvenreihe aus und findet von 19° bis 40° ein ununterbrochenes Ansteigen der Ordinatenhöhe statt, so sind auch Anzeichen vorhanden, dass es sich nicht mehr um reine einzelne Erregungen handelt, sondern in einem gewissen Bereich der Reihe treten dann doppelte Kuppen auf und die gesammte Dauer der Erregung nimmt mit wachsender Temperatur zu, statt abzunehmen oder wenigstens gleich zu bleiben, wie sie es in den reinen Fällen thut.

Reine Beispiele des uns hier beschäftigten Intervalls bei isotonischem und isometrischem Verfahren stellen die Curvenreihen der Figg. 13 *A* u. *B* dar. In Curvenreihe 13 *A* stieg die Temperatur von 29° in 1 bis auf 42° in 12; in 13 *B* war der Muskel bei 1 einer Temperatur von 30°, bei 7 einer Temperatur von 40° unterworfen.

Einen extremen Gegensatz hierzu bilden Curvenreihen wie wir sie in diesem Intervall öfters beobachtet haben und von denen in Fig. 14 ein Beispiel gegeben ist. Obgleich der Reizapparat vollkommen normal functionirte und keinerlei Veranlassung zu mehrfachen elektrischen Reizungen gegeben waren, traten doch summirte Zuckungen auf. Curve 1 wurde bei 16°, Curve 2 und 3 dagegen wurden schnell darauf bei etwa 29° gezeichnet: dass es sich um summirte Erregungen handelt, kann man hier nur aus der Verlängerung der Zuckungsdauer vermuthen. In Curve 4, 5, 6, welche schnell danach bei 34° bis 36° entstanden, treten aber auch mehrfache Kuppen auf. So deutlich wie in diesem Beispiel tritt der zunächst

nur als abnorm zu bezeichnende Zustand des Muskels nun allerdings nicht immer hervor, hat man aber, wie wir, alle Uebergänge in zahlreichen Versuchsreihen zu sehen bekommen, so erhält man wenigstens ein subjectives Urtheil darüber, ob ein Versuch von dieser Complication frei ist.

Die Curvenreihe Fig. 15 *A* u. *B* haben wir mit der Absicht unter die Beispiele aufgenommen, um das Verhältniss der maximalen Ordinatenhöhen zu erläutern. Das relative Maximum bei niedriger Temperatur war in Fig. 15 *A* sicher überschritten. Curve 2 ist höher wie 1, hier liegt also das eine Maximum. Dieses ist aber nicht vergleichbar mit dem bei hoher Temperatur gewonnenen. Die Curven 14, 15 haben eine längere Zuckungsdauer wie 11, 12, 13; wir müssen also die Curvenreihe nach allen unseren übrigen Erfahrungen für den gegebenen Zweck als unzureichend bezeichnen, und wir müssen Curvenreihen von dem Charakter wie ihn Beispiel XV *B* darstellt, als maassgebend betrachten. Curvenreihe XV *B* wurde bei isometrischem Verfahren und absteigender Temperatur von 32° anfangend gewonnen. In Curve 3 ist das Maximum erreicht; denn bei fortschreitender Abkühlung sinkt der Gipfel von 4 an. Nachdem bei etwa 19° das Minimum erreicht war, erhob sich der Curvengipfel bei fortschreitender Abkühlung wieder in typischer Weise und erreichte bei 6° in der Curve 18 eine Höhe, welche von dem zweiten Maximum nur noch sehr wenig entfernt sein konnte, höchstens nur um einen Bruchtheil der Differenz zwischen 18 und 17. Curve 3 erhebt sich beträchtlich über Curve 18 und auch nach Abzug des auf Schleuderung zu beziehenden Betrages oberhalb *a* in 3, bleibt *a* das Maximum noch über dem Gipfel von 18; es scheint also nach den Ergebnissen dieses und ähnlicher Versuchsbeispiele, dass bei isometrischem Verfahren und auch bei isotonischem das Maximum bei höheren Temperaturen über demjenigen bei niedriger Temperatur liegt.

Versuchsreihe Fig. 16 giebt uns Gelegenheit, die Complication mit Ermüdung zu besprechen. Der Gastroknemius, welcher diese Reihe lieferte, war vorher schon zweimal abwechselnd auf hohe und niedere Temperaturen unter regelmässiger Wiederholung der Reizungen gebracht worden. Bei der Temperatur von 31° gab er nur noch die niedrige Zuckungscurve 1; indess bei Erniedrigung der Temperatur erlangte er beinahe seine ursprüngliche normale Contractilität wieder und zeigte bei noch niedrigeren Temperaturen die gewöhnliche Erhöhung des Spannungsmaximums. Die Curve 19 entspricht etwa 7°. Die Ermüdung des Muskels musste bei Curve 19 stärker sein als bei Curve 1, trotzdem trat sie in dem ersteren Falle noch nicht in die Erscheinung. Dieses Beispiel kann als typisch betrachtet werden. Bei einem Muskel, der mehr und mehr ermüdet, verschwindet zuerst die Steigerung der Hubhöhe und der Spannungsentwickelung durch Erwärmung, während der Anfangswerth beider Grössen bei Zimmertempe-

ratur noch wenig abgenommen hat und die Steigerung derselben durch Kälte noch fortbesteht. Später vermindern sich Hubhöhe und Spannung bei gewöhnlicher Temperatur und nehmen bei Erwärmung ab. Schliesslich verschwindet auch die Steigerung durch Abkühlung.

Einfluss der Temperatur auf den Tetanus.

Das typische Verhalten des abgekühlten und erwärmten Muskels gegen tetanisirende Reize tritt uns in der Curvenreihen Fig. 17 *A* und *B* (Taf. VII) entgegen. Sie sind von einem curarisirten Sartorius gewonnen. Ein Centimeter gleich 0·215″. Die Weise, auf welche die tetanisirenden Reize angebracht wurden, ist oben angegeben (s. S. 71).

In vorliegendem Versuchsbeispiele Fig. 17 *A* wurde mit einzelnen Reizen begonnen, welche die Curven von 1 bis 6 lieferten. Bei 1 und 2 hatte der Muskel noch die Zimmertemperatur von 14°, dann wurde der Muskel ziemlich schnell abgekühlt, während die Temperatur im Becken dauernd 3° betrug, und es wurde mit einzelnen Reizen in Intervallen von 2 Min. so lange fortgefahren, bis das Maximum der Hubhöhe bei niedriger Temperatur nahezu erreicht war (5 und 6). Eine Minute später wurde, während der Muskel also noch nahezu dieselbe Temperatur wie in 6 besass, die Tetanuscurve 7 gezeichnet, dann schnell Erwärmung des Wassers im Becken von 3° bis auf 29° und in Intervallen von je 2 Minuten Zeichnung der Curven 8, 9, 10, 11.

Die Tetanuscurve Fig. 17 *B* 12 entstand 5 Minuten später als die Temperatur im Becken auf 27° herab gegangen war, der Muskel aber wohl dieselbe Temperatur wie bei 11 noch haben mochte. Dann wurde die Temperatur im Becken wieder schnell bis auf 3° gesenkt und in Intervallen von je 2 Minuten entstanden die Curven 13, 14 und 15. Der Temperatur nach zusammengehörig sind 2 und 8 einerseits, 6 und 7 andererseits; der niedrigen einzelnen Zuckung entspricht die höhere Tetanuscurve bei Zimmertemperatur und der höheren einzelnen Zuckung die niedrige Tetanuscurve bei niedriger Temperatur. Im letzten Fall steigt die Tetanuscurve ebenso wie die einzelne Zuckung langsam an und ab. Noch höher wie die Tetanuscurve bei Zimmerwärme wurde die Tetanuscurve bei höheren Temperaturen und letztere steigt auch zu ihrem Maximum schneller an, auf welchem sie sich aber nicht lange erhalten kann, von 7 bis 10 hat die Summirbarkeit stark zugenommen, oberhalb 8 aber auch die Ermüdbarkeit. Dieselben Verhältnisse treten auch bei Wiederabnehmen der Temperatur von 12 bis 15 in ihren wesentlichen Zügen wieder hervor.

Nach Beendigung der zweiten Curvenreihe wurde der Muskel wärmestarr gemacht, wobei er die Linie 16 aufschrieb. Auch dies ist typisch, denn

bei isotonischem Verhalten übertrifft die Verkürzung durch Wärmestarre nicht nur das höchste Maximum nach einzelnem Reiz des erwärmten Muskels, sondern auch die grösste erzielbare Tetanushöhe.

Die eben geschilderten Curvenreihen bringen den typischen Sachverhalt darum so rein zum Ausdruck, weil bei ihnen die Contractur eine sehr geringe Rolle gespielt hat; bekanntlich mischt sich dieselbe gerade bei Tetanusversuchen sehr leicht mit ein und sie hat dann, wie ebenfalls bekannt ist, ein continuirliches Ansteigen der Tetanuscurve zur Folge. Bohr hat diesen Punkt eingehend erörtert. In solchen Fällen kann das schnelle Absinken der bei hohen Temperaturen gewonnenen anfänglich sehr hohen Tetanuscurven verdeckt werden.

Die Curven Fig. 18 *A* und *B*, welche in analoger Weise wie 17 *A* und *B* von einem curarisirten Gastroknemius bei derselben Umlaufgeschwindigkeit der Trommel genommen sind, geben hiervon ein Beispiel.

In den Curvenbeispielen Fig. 17 *A* und *B* war ein wichtiger Punkt des typischen Verhaltens noch nicht zum Ausdruck gekommen, weshalb zur Ergänzung noch ein Curvenbeispiel beigefügt werden muss. Uebersteigt nämlich die Wärme den Punkt, bei welchem das Maximum der Hubhöhe der einzelnen Zuckung liegt, so nimmt nicht nur die Hubhöhe der einzelnen Zuckung, sondern auch die anfängliche Tetanushöhe ab, man sieht dies in der Curvenreihe Fig. 19 *A* und *B*. Die Tetanuscurve eines curarisirten Sartorius bei Zimmertemperatur von 17° ist in Nummer 1 der Serie *A* dargestellt; sie zeigte bei 2° eine Abnahme zu Curve 2, bei — 2° zu Curve 3, und bei — 3° zu Curve 4 der Reihe *B*. Die Temperatur wurde darauf gehoben und wir erhielten die Curven 5 bis 8. Die Curve 7 entspricht der Temperatur von 28° und 8 derjenigen von 32°. Diese letzte erhebt sich im Vergleich zu der vorhergehenden steiler, erreicht schneller ihr Maximum, welches weniger hoch ist und von dem sie bald absinkt. Man sieht also, dass die Summirung von Neuem abnimmt und dass auch die Ermüdung sich schneller geltend macht. Bei hohen Temperaturen büsst der Muskel ebenso sehr an Summirbarkeit wie an Erregbarkeit ein.

Was wir bisher gesagt und gezeigt haben, bezieht sich allein auf die Tetanuscurven bei isotonischem Verfahren, die isometrischen Tetanuscurven der Versuchsreihen Fig. 20 *A* und *B* lassen aber erkennen, dass sie auf dieselbe Weise wie jene durch die Temperatur beeinflusst werden. Sie wurden von einem curarisirten Gastroknemius geschrieben, während die Trommel eine Geschwindigkeit von 1 ^{cm} in 0·06″ hatte, die Abscissenlänge entspricht also 0·135″ pro Centimeter. Die Curve 1 der Reihe A entspricht isometrischem Tetanus bei Zimmertemperatur von 20°. Die Temperatur wurde darauf gesenkt und in Intervallen von fünf Minuten werden die Curve 2

bei 10°, die Curve 3 bei 4° erhalten. Dann wurde die einfache Zuckung 4 aufgezeichnet, welche zugleich angiebt, in welchem Moment die letzte der tetanisirenden Reizungen erfolgte. Die Curve 5 entspricht der isometrischen Zuckung bei 2° und Curve 6 dem Tetanus bei gleicher Temperatur. Letztere wurde darauf erhöht und in Intervallen von vier Minuten wurden die Curven 7 bei 14°, 8 bei 20°, 9 bei 26°, 10 bei 32° geschrieben.

Man sieht also aus diesem Beispiel, dass auch die isometrische Tetanushöhe bei Senken der Temperatur abnimmt, bei Steigerung der Temperatur zunächst zunimmt bis zu 30°, um dann bei weiter erhöhter Temperatur wieder abzunehmen.

In Vorstehendem haben wir uns auf eine Beschreibung der von uns beobachteten Erscheinungen beschränkt. Wir haben uns allerdings bemüht, dieselben mittels schematischer Darstellungen in eine möglichst übersichtliche Form zu bringen (Taf. IV), wir haben uns aber absichtich aller Deutungen und theoretischer Schlussfolgerungen enthalten. Damit aber die ermittelten Thatsachen bei dem weiteren Ausbau der theoretischen Vorstellungen von den Erregungsprocessen im Muskel Verwendung finden können, müssen sie einer kritischen Zergliederung unterworfen werden. Der Erregungsprocess pflanzt sich in der Muskelsubstanz wellenartig fort und es muss vor Allem ermittelt werden, welchen Antheil an den Aenderungen der Höhe, Länge, Form und Latenz der Zuckungscurven etwa auf Aenderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungswelle und welcher auf eine Aenderung der Höhe, Länge und Form der Welle selbst zu beziehen ist. Wir werden zeigen können, dass ersterer Antheil bei den Aenderungen, welche unsere Curven zeigen, nicht in Betracht kommt, ausser bei den Aenderungen des Latenzstadiums. Um dieses Ziel zu erreichen, werden wir uns einer, zuerst von Jendrássik eingeführten Betrachtungsweise bedienen, indem wir dieselbe freilich, unseren Zwecken entsprechend, erheblich modificiren müssen.

Nehmen wir an, wir hätten dem Versuche (zunächst bei isotonischem Verfahren) einen Muskel unterworfen, welcher aus lauter gleich langen, parallelen, von dem einen zum anderen Muskelende reichenden Fasern bestände. Die Länge des Muskels sei gleich l. Es hindert uns nun Nichts, die Muskelsubstanz über die beiden Enden unseres Muskels hinaus beliebig weit verlängert zu denken und uns vorzustellen, dass eine einzelne Erregungswelle die ganze Länge dieses in der Einbildung verlängerten Muskels durchliefe. Um die Vorstellung zu fixiren, nehmen wir an, dass die Welle von links nach rechts hin fortschreite. Die Zeichnung G auf Taf. VIII stellt

dann den Zustand dar in dem Moment, in welchem das vordere Ende der Welle eben in den reellen Muskel einzutreten im Begriff steht. Der die Welle darstellende Curvenzug hat die Bedeutung, dass die Höhe jeder Ordinate die Intensität misst, welche der Erregungsprocess in dem dem Fusspunkte der Ordinate entsprechenden Querschnitt des Muskels zu dem betrachteten Zeitmoment hat.

Fassen wir einen einzelnen Muskelquerschnitt in das Auge, so ist die zeitliche Aenderung der Intensität seines Erregungsprocesses von Null (beim Eintritt der Welle in den Querschnitt) durch ein Maximum (bei Lage des Wellengipfels über dem Muskelquerschnitt) bis wieder zu Null (beim Austritt der Welle) einer Schwingung zu vergleichen. Von der Dauer dieser Schwingung und von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle hängt die Wellenlänge in folgender Weise ab.

Die Wellenlänge können wir definiren, als den Abstand zwischen zwei Muskelquerschnitten, welche sich zu derselben Zeit in derselben Schwingungsphase befinden. Dieser Abstand muss von der Welle während der Dauer einer Schwingung durchlaufen werden, denn wenn die Schwingung von dem Muskelquerschnitt an dem einen Ende der Welle eben beendet wird, wird sie von demjenigen am anderen Ende eben begonnen. Der Abstand wird also um so grösser sein, je länger die Schwingungsdauer (s) und je grösser die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (v) ist und für die Wellenlänge (λ) gilt also:

$$\lambda = v . s .$$

Concentriren wir jetzt unsere Aufmerksamkeit auf unseren reellen Muskel, so leuchtet ein, dass eine Zuckung so lange dauern wird, als sich ein Theil der Erregungswelle über einem Muskelquerschnitt befindet. Diese Dauer erstreckt sich von dem Moment des Eintritts des vorderen Endes der Welle in das linke Muskelende bis zu dem Moment des Austritts des hinteren Wellenendes aus dem rechts gelegenen Muskelende, sie ist also gleich der Zeit, während welcher die Welle die Strecke $l + \lambda$ mit der Geschwindigkeit v durchläuft. Nennen wir die ganze Zuckungsdauer d, so folgt also:

$$d = \frac{l + \lambda}{v} = \frac{l}{v} + \frac{\lambda}{v}$$

$$d = \frac{l}{v} + s$$

Wir haben also jetzt die ganze Zuckungsdauer in zwei Summanden zerlegt, deren Einer nur von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und nicht von der Schwingungsdauer, deren Anderer nur von der Schwingungsdauer und nicht von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängt und wir können jetzt dazu übergehen den Antheil abzuschätzen, welchen Aenderungen jedes

dieser Factoren an den von uns beobachteten Aenderungen der Zuckungsdauer gehabt haben können.

Die Grösse, welche wir als Schwingungsdauer definirt haben — d. h. die Zeit während welcher in einem Muskelquerschnitt der Erregungsprocess abläuft — sind wir vorläufig nicht in der Lage, mit einiger Genauigkeit im Experiment direct zu ermitteln. Dagegen lässt sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungswelle im Muskel mit einem für unsere Zwecke einigermaassen ausreichenden Grade von Annäherung bestimmen. Es liegt sogar eine ganze Anzahl solcher Bestimmungen in der Litteratur vor, welche aber bisher erheblich im Resultat von einander abweichen. Wir haben uns deshalb selbst an das Experiment gemacht, um so lieber, als wir das Interesse hatten, den Einfluss der Temperatur auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit genauer kennen zu lernen, als dies auf Grund der Angaben früherer Autoren möglich ist.

Ausserdem musste uns daran liegen, die Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Temperatur unter Bedingungen zu bestimmen, welche den in unseren übrigen Versuchen vorhandenen einigermaassen ähnlich waren. Da wir aus diesem Grunde maximale Reize anwenden mussten, welche den absoluten Werth der Bestimmung mit einem Fehler behaften können, wollen wir auf unsere Bestimmung nur insofern Gewicht legen, als aus ihr die Grössenordnung folgt, für die Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Temperatur.

Ein Sartorius von curarisirtem Frosche wurde mässig ausgespannt auf eine muldenförmige mit Tubulaturen versehene Unterlage von Blech gelegt. Zwischen Muskel und Blech befand sich eine dünne Lage Kautschuk. Dem unteren Ende des Sartorius lagen in gegenseitigem Abstand von 2^{mm} zwei Elektroden an, behufs Reizung des Muskels mit einzelnen maximalen Oeffnungsinductionsschlägen. Auf dem Muskel lagen in gegenseitigem Abstand von 22^{mm} zwei Hollunderplättchen auf, deren jedes mit einem leichten Fühlhebel passend verbunden war. Jeder der letzteren zeichnete die Verdickungscurve des unter seinem Plättchen gelegenen Muskelquerschnittes in ausreichender Vergrösserung auf die mit einer Geschwindigkeit von 1^{cm} in 0·06 Secunden rotirende Kymographiontrommel auf. Wenn die Hebelspitzen bei Beginn des Versuches nicht genau übereinander standen, so wurde ihr gegenseitiger horizontaler Abstand genau ermittelt. Aus der räumlichen Verschiebung zwischen den Erhebungspunkten beider Curven in Verbindung mit dem Abstande der Plättchen auf dem Muskel von einander, mit der Umlaufsgeschwindigkeit der Trommel und mit dem etwaigen horizontalen Abstand der Zeichenspitzen von einander würde sich, ohne die bei maximalen Reizen möglichen Complicationen, die Geschwindigkeit ergeben, mit welcher sich in jedem Versuche die Welle fortgepflanzt hat.

Jeder Versuch wurde bei Zimmertemperatur begonnnen. Für die ferneren Versuche wurde nichts geändert, als dass die Trommel etwas gehoben oder gesenkt wurde, und dass der Muskel mittels Durchleiten kalten Wassers oder unter Null abgekühlter Salzlösung durch die hohle Blechunterlage abgekühlt wurde. So entstanden unmittelbar untereinander stehende Reihen von Curvenpaaren und die Zunahme des horizontalen Abstandes zwischen den Fusspunkten je zweier zusammengehöriger Curven war ohne Weiteres als Maass der Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei abnehmender Temperatur zu benutzen. Dieses Maass ist von den angedeuteten Complicationen frei.

Curvenreihe Fig. 21 Taf. VII ist ein Beispiel einer solchen Versuchsreihe. Aus dieser, wie aus unseren übrigen Versuchsreihen würde sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei Zimmertemperatur zu etwa 10 Meter in der Secunde ergeben und eine Abnahme der Fortpflanzungsgeschwindigkeit auf etwa die Hälfte dieses Werthes bei Abkühlung des Muskels bis auf etwa 5°. Letzterer Punkt ist der einzige, auf welchen wir Gewicht legen wollen. Den absoluten Werth der Fortpflanzungsgeschwindigkeit werden wir bei unseren ferneren Betrachtungen den Bestimmungen von L. Hermann entnehmen. Es mag übrigens darauf hingewiesen werden, dass die Dauer der Verdickungscurve des Muskels, wie sie in diesen Versuchen zur Erscheinung kommt, wenn sie auch kein genaues Maass der Schwingungsdauer ist, so doch mehr durch letztere als durch die Art der Fortpflanzung der Erregung im Muskel beeinflusst wird. Diese Verdickungscurven nehmen nun, wie man sieht, mit der Abkühlung sehr beträchtlich an Zeitdauer zu. Hieraus folgt schon, dass die Schwingungsdauer mehr durch die Temperatur beeinflusst wird, als die Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Nehmen wir die mittlere Länge der von uns in den Hauptversuchen verwendeten Muskeln zu 3 ^{cm} an, und benutzen wir die untere Grenze der von L. Hermann am Froschmuskel beschriebenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit (3 Meter in der Secunde), so wird für Zimmertemperatur:

$$\frac{l}{v} = \frac{3}{300} \times 1 \text{ Sec.} = 0{\cdot}01 \text{ Sec.}$$

Der Theil der gesammten Zuckungsdauer (0·1″ bei Zimmertemperatur), welcher durch Variation der Fortpflanzungsgeschwindigkeit variirt werden kann, beträgt also etwa 0·01″, während der mit der Schwingungsdauer veränderliche Theil das neunfache, nämlich 0·09″ umfasst. Mit sinkender Temperatur nimmt aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur um die Hälfte ab, der erstere Theil der Zuckungsdauer also nur um das doppelte, auf 0·02″ zu, während die gesammte Zuckungsdauer um das zehnfache und darüber zunimmt. Hieraus folgt mit voller Sicherheit, dass die von uns unter dem Einfluss der Temperaturänderungen beobachteten Aenderungen

der Zuckungsdauer von Aenderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur ganz unwesentlich beeinflusst gewesen sein können.

Es folgt aber ferner noch, dass auch alle Aenderungen, welche sich auf Curventheile beziehen, deren zeitlicher Werth nicht unter 0·02″ sinkt, wesentlich auf Aenderungen des zeitlichen Ablaufes des Erregungsprocesses im einzelnen Muskelquerschnitt zu beziehen sind. Wir haben aber bis jetzt bei Vergleichung unserer Curven, sei es in Bezug auf Höhe oder Breite des Gipfels, Steilheit des An- und Abstieges u. s. w. nie Veranlassung gehabt, auf so kleine Zeitwerthe zurückzugehen. Die einzige Ausnahme hiervon bildet die Vergleichung des Latenzstadiums bei verschiedenen Temperaturen. Dies ist eine Zeitgrösse von gleicher Ordnung mit dem durch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit veränderlichen Antheil der Zuckungsdauer. Wir werden deshalb bei der Beurtheilung der Bedeutung, welche den von uns beobachteten Variationen im Latenzstadium beizumessen ist, auf eine Trennung der im Muskelelement ablaufenden Processe von dem am Gesammtmuskel zu beobachteten Erscheinungen zurückzugreifen haben, welche der Eine von uns schon vor längerer Zeit bei anderer Gelegenheit durchgeführt hat.[1]

Die bisher angestellte Betrachtung könnte überflüssig erscheinen unter Berücksichtigung des Umstandes, dass wir in unseren Hauptversuchen den Muskel stets mit Inductionsschlägen gereizt haben, welche ihn seiner ganzen Länge nach durchflossen. Für minimale Inductionsschläge hat aber Biedermann nachgewiesen, dass bei ihnen die Reizwirkung ausschliesslich von der Kathode ausgeht und sich von hieraus wellenartig über den Muskel ausbreitet. Dass dies auch für die von uns ausschliesslich benutzten maximalen Reizschläge volle Giltigkeit hat, ist zwar sehr unwahrscheinlich. Hier liegt aber doch die Annahme sehr nahe, dass wenn auch von jeder Elektrode eine Erregungswelle ausgehe, die an der Kathode beginnende die weitaus stärkere sei; und dies würde vollkommen genügen, um dem etwaigen Einfluss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungswelle die Aufmerksamkeit zuzuwenden. Immerhin können wir wohl sagen, dass die Art, in welcher wir die Reizung ausgeübt haben, nur dazu beitragen kann, die Sicherheit zu vermehren, mit welcher wir die Aenderungen der Zuckung bei Aenderung der Temperatur — abgesehen von dem Latenzstadium — im Wesentlichen als den Ausdruck der Aenderungen der Processe im Muskelelemente selbst betrachten können.

Schon Jendrássik hat mit Recht darauf hingewiesen, dass eine Bedingung für das Auftreten eines Plateaus auf der Höhe der Zuckungscurve

[1] J. Gad, Ueber das Latenzstadium des Muskelelementes und des Gesammtmuskels. *Dies Archiv.* 1879. S. 250.

darin liegen könne, dass die Wellenlänge kürzer würde, als die Muskellänge. Man sieht die Richtigkeit dieses Ausspruches ein, wenn man bedenkt, dass die jeweilige Verkürzung des Muskels proportional ist dem Flächenraum des Wellenstückes, welches sich gerade über dem Muskel befindet. Ist die Welle nun kürzer wie der Muskel, so muss die Höhe der Zuckungscurve so lange constant bleiben — ein Plateau muss sich zeigen — als Zeit vergeht zwischen dem Eintritt des hinteren Endes der Welle in den Muskel, bis zum Austritt des vorderen aus dem Muskel. Bedenkt man, dass die obere Grenze der Muskelfaserlänge 5 cm ist, so folgt aus der Gleichung

$$\lambda = v \, . \, s$$

und aus den Grenzen, innerhalb welchen der Werth von v eingeschlossen ist dass die Gleichung

$$\lambda < l$$

nicht leicht eintreten kann, in der That haben wir ja auch bei den isotonischen Zuckungen ein Plateau nie beobachtet.

Dagegen gehört bei dem isometrischen Verfahren am abgekühlten Muskel die Plateaubildung zu den regelmässig eintretenden Erscheinungen. Für die isometrische Curve gilt es nicht, dass ihre Ordinaten proportional dem Flächenraum des in dem betreffenden Zeitmoment über dem Muskel befindlichen Theiles der Welle sind. Dass dies für die Isotonie gilt, liegt daran, dass sich in Bezug auf die Verkürzung des Muskels der Effect des Erregungsprocesses in allen einzelnen Muskelquerschnitten einfach summirt. Bei isometrischem Verfahren dagegen, wenn es in ganz idealer Weise ausführbar wäre, d. h. wenn der Muskel und seine Verbindungen mit dem Spannungszeichner absolut undehnbar wären und wenn auch die Feder des letzteren einen unendlich grossen Elasticitätscoefficienten besässe, würde der Effect des Erregungsprocesses in verschiedenen Muskelquerschnitten sich gar nicht summiren, und die unter diesen Bedingungen allerdings unendlich niedrige isometrische Curve wäre in ihrem ansteigenden und absteigenden Theile der treue Ausdruck von dem zeitlichen Ablauf des Erregungsprocesses in dem einzelnen Muskelquerschnitte. Der aufsteigende Ast dieser Curve müsste aber mit dem absteigenden durch ein Plateau verbunden sein, dessen Länge der Zeit entspräche, während welcher sich das Maximum der Erregungswelle über dem Muskel befindet. Die Dauer des Plateaus (p) wäre also bei idealem isometrischen Verfahren.

$$p = \frac{l}{v} \, .$$

Der Werth von $\frac{l}{v}$ schwankt bei den von uns eingeführten Bedingungen, wie oben auseinandergesetzt wurde, zwischen 1 und 2 Hundertsteln der Secunde, während die von uns bei isometrischem Verfahren beobachteten Plateaus viel grössere Zeiträume umspannen. Wir können also das Auf-

treten und die Verlängerung derselben bei abnehmender Temperatur ebenfalls nicht auf Aenderungen in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle beziehen, sondern wir müssen daraus auf entsprechende Aenderungen in der Wellenform, insofern diese durch den zeitlichen Ablauf des Erregungsprocesses im Muskelelement beeinflusst wird, schliessen.

Wenn wir nun aber alle bei Temperaturänderungen eintretenden Aenderungen der isotonischen und der isometrischen Curven — abgesehen von den Aenderungen des Latenzstadiums — im Wesentlichen auf Aenderungen des zeitlichen Verlaufes des Erregungsprocesses im Muskelelement zu beziehen haben, so erhält Vieles in den von uns beobachteten Erscheinungen einen paradoxen Anschein, wenigstens so lange wir, wie es gemeinhin geschieht, den Erregungsprocess als einen einheitlichen betrachten. Wie sollen wir es uns vermittelt denken, dass die Intensität dieses Processes unter gewissen Bedingungen schneller dem Maximum zustrebt, als sie auf Null zurücksinkt (Temperaturen über 30°, Ermüdung), dass sie unter anderen Bedingungen im Gegentheil schneller absinkt als sie angestiegen war (Temperaturen unter 19°) und dass sie unter gewissen Bedingungen wiederum geraume Zeit in constanter Höhe anhält, ehe sie jäh abzusinken beginnt (Isometrie unter 19°)? Hierüber könnte man sich vielleicht noch beruhigen, die Erklärung von der zufälligen Weiterentwickelung unserer Erkenntnisse erwartend. Nicht denselben Gleichmuth können wir aber bewahren angesichts der Nöthigung, uns vorzustellen, dass die maximale Intensität, bis zu welcher ein einheitlicher chemischer Process ansteigen kann, eine so verwickelte Function der Temperatur sein solle, wie es nach den Curven a und a' in C und C' auf Taf. IV erscheinen müsste. Dass die Schnelligkeit des Ablaufes und die erreichbare Intensität eines chemischen Processes Function der Temperatur sei, ist zu erwarten, dass aber die erreichbare Intensität bei Temperaturen unter 19° nicht weiter mit der Temperatur abnehmen, sondern erheblich wieder steigen soll, erscheint angesichts aller sonstigen Erfahrungen vollkommen paradox.

Man kommt aus dem Dilemma auch nicht heraus durch die Annahme, dass zwar der als einheitlich gedachte chemische Process im Muskel, proportional seiner jeweiligen Intensität, die Längsattraction zwischen den Molecülen der eigentlichen contractilen Substanz verstärkte, dass aber bei der hierdurch bewirkten Formänderung elastische Elemente des Muskels oder der Muskelsubstanz gedehnt würden. Die Ueberlegenheit der Muskelverkürzung bei 8° über diejenige bei 19° könnte dann allerdings durch die weitere, nicht gerade paradoxe Annahme erklärt werden, dass die Intensität des Erregungsprocesses unterhalb 19° zwar beständig abnähme, dass gleichzeitig aber auch der Elasticitätscoefficient jener elastischen Elemente geringer würde. Bei geringerer Längsattraction und gesteigerter Querdehn-

barkeit könnte allerdings eine grössere Verkürzung resultiren. Die völlige Haltlosigkeit dieser Annahme leuchtet aber sofort ein, wenn man beachtet dass auch die isometrische Curve unterhalb 19° an Höhe beträchtlich zunimmt. Hier ist von einer irgendwie nennenswerthen Formänderung, durch welche allein elastische Kräfte in den nicht am Erregungsprocess betheiligten Gebilden des Muskels wachgerufen werden könnten, gar nicht die Rede. Die elastischen Kräfte, mit denen die Längsattraction der Moleküle bei der Erregung in Wettstreit geräth, liegen hier so gut wie ganz ausserhalb des Muskels, nämlich in der Feder des Kraftmessers und der Elasticitätscoefficient dieser Feder wird durch die von uns eingeführten Temperaturänderungen nicht berührt. Die Zunahme der erreichbaren Spannung mit abnehmender Temperatur ist also fast rein auf Zunahme der erreichbaren Längsattraction der Moleküle der erregbaren Muskelsubstanz zu beziehen und das von uns hervorgehobene Paradoxon bleibt also in vollem Umfange bestehen. Die Bündigkeit dieses Schlusses rechtfertigt beiläufig die Wichtigkeit, welche wir von Anfang an der vergleichenden Ausnutzung des isotonischen und isometrischen Verfahrens beigelegt haben.

Wir sind jetzt Schritt vor Schritt in ganz logischer Weise dazu gedrängt worden, die Annahme der Einheitlichkeit des Erregungsprocesses im Muskel als nicht vereinbar mit unseren Erfahrungen zu bezeichnen.

Thatsächlich vertritt nun Fick[1] schon seit Jahren die Ansicht, dass der der Erregung des Muskels zu Grunde liegende chemische Process kein einheitlicher sei! Durch einen Theil des Processes soll ein Product geliefert worden, dessen Anwesenheit in der Muskelsubstanz eine Steigerung der Längsattraction der Moleküle mit sich bringe. Dieses Product soll durch den zweiten Theil des Processes wieder zerstört werden, wonach der Muskel seinen früheren Zustand wieder erreicht.[2] Um diese Vorstellung durch ein einfaches Beispiel greifbar zu machen, schlug Fick vor, man solle sich denken, dass der chemische Process zwar insofern ein einheitlicher sei, als in seinem ganzen Verlauf Verbrennungen stattfänden, dass aber die Verbrennung von Glycogen und Fett bei dem ersten Theil des Processes nur bis zur Bildung von Milchsäure vorschreite, während im zweiten Theil dann die Milchsäure weiter zu Kohlensäure und Wasser verbrannt würde. Proportional zu dem jeweiligen Ueberschusse von gebildeter über weiter verbrannte Milchsäure kann dann die molekulare Attraction, wie bei Gerin-

---

[1] A. Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit. *Internationale wissenschaftliche Bibliothek.* Leipzig 1882. Bd. LI. S. 197.

[2] Genau betrachtet würde der frühere Zustand in diesem Moment nicht vollständig erreicht sein. Die Summe potentieller chemischer Energie im Muskel ist verringert. Der Restitutionsprocess, durch welchen die Summe wieder auf die alte Höhe gebracht werden kann, haben wir keine Veranlassung hier in Betracht zu ziehen.

nungen, zugenommen haben. Nach dieser Auffassung würden die Ordinaten unserer Curven als proportional zu betrachten sein, einerseits der jeweiligen Intensität der molekularen Längsattraction, andererseits der Differenz zwischen den Wirkungen zweier chemischer Processe, mit welcher Differenz eben die Intensität jener Kraft zu- und abnimmt.

Beziehen wir die Wirkung beider Processe auf dieselbe hypothetische intermediäre Substanz, beispielsweise Milchsäure, so können wir den einen Process als einen positiven und den anderen als einen negativen bezeichnen. Die Wirkung des ersten Processes besteht in der Bildung, die des zweiten in der Zerstörung einer gewissen Menge Milchsäure. Der zeitliche Verlauf der Bildung und der zeitliche Verlauf der Zerstörung des Zwischenproducts kann je durch eine Curve ausgedrückt werden. Die Ordinaten der ersten Curve werden anzeigen, wieviel von dem Zwischenproduct in jedem Zeitmoment vorhanden wäre, wenn der zweite Process weggedacht würde. Diese Curve muss also von Null bis zu einem endlichen Werth aufsteigen und auf diesem verharren. Die Ordinaten der zweiten Curve werden anzeigen, wieviel von der Substanz wieder zerstört ist. Diese zweite Curve muss naturgemäss später von Null aufsteigen wie die erste und sie wird, vorausgesetzt, dass nach Ablauf beider Processe der alte Zustand wieder hergestellt sein soll, sich zu demselben Maximum erheben und ebenfalls auf diesem verharren. Die zweite Curve muss sich bis zuletzt unterhalb der ersten halten und aus der Differenz der Ordinaten beider können wir leicht die Ordinatenhöhen der entsprechenden Zuckungscurve entnehmen.

Umgekehrt können wir auch zu jeder im Experiment gewonnenen Zuckungscurve ein Paar Curven der beschriebenen Art construiren. Wir haben dies in den schematischen Darstellungen H auf Taf. VIII ausgeführt, indem wir die isotonischen Curven a, b, c, d, u. s. w. der schematischen Darstellung A auf Taf. IV der Construction (unter Reduction der Ordinatenhöhen auf etwa die Hälfte) zu Grunde legten. Die Differenz der Ordinaten a' und a'' ist den entsprechenden Ordinaten a gleichgemacht und so fort. Man sieht, dass die Reihe der Curven, welche bei verschiedenen Temperaturen von 40° bis 0° im Experiment erhalten worden sind, erhalten werden können, indem man die Curven der positiven und negativen Wirkungen chemischer Processe im Muskel mit abnehmender Temperatur continuirlich an Höhe und Steilheit des Verlaufes abnehmen lässt und dadurch, dass man den zweiten Process mit immer grösserer Verspätung beginnen lässt. Alles Paradoxe ist bei dieser Betrachtungsweise geschwunden, denn dass chemische Processe mit abnehmender Temperatur an Intensität und Schnelligkeit des Verlaufes einbüssen werden, ist durchaus zu erwarten und ebenso, dass dann auch die Verspätung zunehmen kann, nach welcher die Wirkung eines solchen Processes merklich zu werden beginnt. Die Wahrscheinlich-

keit dafür, dass wir mit unserer Betrachtungsweise das Richtige getroffen haben, wird erhöht durch den Umstand, dass bei Temperaturen unterhalb 19°, wo die Curvenhöhe beträchtlich zugenommen hat, ein stärkerer Reiz erforderlich ist, um eben eine minimale Zuckung auszulösen, als bei 19° und darüber.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass unsere Curven α' und α'' β' und β'' u. s. w. nicht die einzigen sind, welche die Bedingung erfüllen, dass die Differenzen ihrer Ordinaten gleich den entsprechenden Ordinaten der Curven a, b u. s. w. sind. Es ist aber sehr bemerkenswerth, dass sich Curven, welche diese Bedingung erfüllen und welche keine Unwahrscheinlichkeiten in sich schliessen, leicht construiren lassen. In welcher Beziehung übrigens die Curve α' zu der Curve des von uns als positiv bezeichneten chemischen Processes steht, geht aus der unterhalb a gegebenen Construction hervor. Die Curve α soll den zeitlichen Verlauf der Wirkung dieses chemischen Processes darstellen. Ihre Ordinaten müssen also proportional mit dem Flächenraum wachsen, welcher von der, den zeitlichen Verlauf der Intensität des chemischen Processes darstellenden Curve begrenzt wird. Eine Curve, welche in diesem Verhältniss zu der Curve α stände, wäre z. B. die Curve η. Unter diesem Bilde könnte man sich also in diesem Falle den zeitlichen Verlauf desjenigen Theiles des Erregungsprocesses vorstellen, bei welchem Kohlehydrat zu Milchsäure verbrannt wird. Eine ähnliche Curve würde den zeitlichen Verlauf des zweiten Theiles des chemischen Processes darstellen und der Summe der von beiden Curven begrenzten Flächenräume proportional würde die Wärmemenge sein, welche bei der Zuckung unter solchen Bedingungen entsteht, unter welchen Fick die Wärmebildung im Muskel zu messen pflegt, d. h. unter Bedingungen, bei welchen sämmtliche bei der Erregung verbrauchte potentielle chemische Energie als Wärme im Muskel erscheinen kann.

Ebenso wie zu der Curvenreihe a, b, c u. s. w. liesse sich nun auch zu jeder anderen Curve mit abweichendem Verhalten, wie z. B. zu Ermüdungscurven, zu Curven mit starker Contractur, zu Curven des mit Veratrin vergifteten Muskels u. s. w. entsprechende Curvenpaare construiren und solche Constructionen könnten wohl geeignet sein, als Basis für eine Discussion über die Ursachen des abweichenden Verhaltens zu dienen. Die Voraussetzungen für unsere ganze Betrachtungsweise sind aber noch zu wenig gesichert, als dass wir es für zeitgemäss halten könnten, hier weiter in Details einzugehen. Nur zur Demonstation der Art, wie die Bedingungen der Plateaubildung bei isometrischem Régime gedacht werden könnten, haben wir eine Construction in b_1, β_1', β_1'' ausgeführt.

Der Hauptzweck, welchen wir bei unseren Constructionen verfolgten, und welchen wir auch erreicht zu haben glauben, war der, zu zeigen, wie

gut geeignet die Fick'sche Hypothese ist, um die Paradoxien, welche die von uns constatirten Thatsachen darbieten, zu eliminiren. Da wir gefunden haben, dass keine der bisher aufgestellten Theorien der Muskelcontraction bis herab auf die neueste pyroelektrische das Gleiche zu leisten im Stande ist, so glauben wir Fick's Hypothese Allen, welche sich an dem Ausbau der Lehre von der Muskelerregung betheiligen wollen, dringend empfehlen zu sollen. Jedenfalls werden wir uns selbst bei unseren eigenen weiteren Bestrebungen durch dieselbe leiten lassen, so lange bis auch sie uns etwa in Widerspruch mit Thatsachen bringen sollte.

Es mag übrigens bei dieser Gelegenheit bemerkt werden, dass die Vorstellung, welche Fick gewissermaassen nur beispielsweise angeregt hat, dass das Zwischenproduct, mit dessen im Muskel vorhandener Quantität die Contraction zu- und abnehmen solle, Milchsäure sein könne, inzwischen von anderer Seite einige weitere Stützen durch Thatsachen erfahren hat. Frey[1] hat bei Versuchen an blutdurchströmten überlebenden Warmblütermuskeln gefunden, dass bei der Thätigkeit solcher Muskeln, welche also unter Bedingungen arbeiten, bei denen starke Contracturen, zurückführbar auf mangelhafte Entwickelung des zweiten Fick'schen Processes, zu erwarten sind, weit weniger Kohlensäure gebildet wird, als nach den Erfahrungen am intacten Organismus zu erwarten sein würde, dass aber soviel Milchsäure in dem diese Muskeln durchströmenden Blut gefunden wird, dass ihre Verbrennung zu Kohlensäure das Deficit decken würde.

Ein neues Beispiel für die Ueberlegenheit der Fick'schen Hypothese über andere Theorien der Muskelcontraction beigebracht zu haben, halten wir nun in der That für die beste theoretische Frucht unserer vorliegenden Experimental-Untersuchung. Die Mannigfaltigkeit der zum Theil neuen, zum Theil in übersichtlicherer Form bestätigten älteren Thatsachen, welche in unseren Curven enthalten sind, drängen aber noch zu anderen theoretischen Betrachtungen, von denen wir einige, mit Beschränkung auf das Wichtigste, andeuten wollen.

Wir beginnen mit dem, was sich auf Grund unserer Versuche über das Latenzstadium aussagen lässt. Die Zeitdauer, welche man gemeinhin als Latenzstadium zu bezeichnen pflegt, und welche gemessen wird durch die Abscissenlänge zwischen der Marke des Reizmomentes und dem Beginn des Anstiegs der Zuckungscurve, hat sich in unseren Versuchen auf sehr deutliche Weise als Function der Temperatur erwiesen. Da wir die Temperaturen innerhalb beträchtlich weiterer Grenzen variirt haben, als dies Tigerstedt gethan hat, haben wir auch viel grössere Aenderungen des

[1] M. v. Frey, Versuche über den Stoffwechsel des Muskels. *Dies Archiv.* 1885, S. 533.

Latenzstadiums erhalten und es hat sich gezeigt, dass die von ihm aus Mittelwerthen zahlreicher Versuche erschlossene Zunahme des Latenzstadiums bei Abkühlung sowie die Abnahme bei Erwärmung nicht nur allgemein giltig ist, sondern dass sie auch in einzelnen Versuchsreihen direct zur Anschauung gebracht werden kann.

Es muss nun aber nothwendiger Weise unterschieden werden zwischen der Zeit, welche erforderlich ist, damit eine im Muskel schon eingetretene mechanische Zustandsänderung äusserlich merklich werde und der Zeit, welche vergeht von dem Moment, wo in dem einzelnen Muskelelement der Erregungsprocess beginnt und dem Beginn der sich hieran knüpfenden mechanischen Zustandsänderung in diesem Muskelelemente selbst. In der schon oben citirten Arbeit hat der Eine von uns die erstere Zeit als das Latenzstadium des Gesammtmuskels und die letztere als das Latenzstadium des Muskelelements bezeichnet. Nur das Erstere ist bei dem gewöhnlichen Versuchsverfahren der Messung zugänglich und es wurde damals gezeigt, dass das Letztere unter Anderem aus dem Grunde thatsächlich kürzer sein müsse, als es nach dem Versuchsresultat erscheint, weil bei der wellenartigen Ausbreitung der Erregung im Muskel die zuerst oder am stärksten in Erregung gerathenen Muskelelemente dehnend auf die übrigen Muskelelemente wirken, ehe eine Verkürzung des Gesammtmuskels zu Stande kommen kann. Diese Dehnung des einen Theiles des Muskels durch den schon in Contraction gerathenen anderen Theil wurde durch ein besonders hierfür ersonnenes Versuchsverfahren direct zur Anschauung gebracht. Hieraus und aus der oben durchgeführten quantitativen Betrachtung über den möglichen Einfluss von Aenderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei Aenderungen der Temperatur folgt, dass die von uns beobachtete Zunahme des Latenzstadiums, wenigstens zum Theil auf die mit abnehmender Fortpflanzungsgeschwindigkeit zunehmende Zeit wird bezogen werden müssen, welche vom Beginn der mechanischen Zustandsänderung in dem zuerst erregten Muskelelement vergeht, bis die Contractionen über die Dehnungen im Muskel die Oberhand gewinnen.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass auch die Verkürzung des Gesammtmuskels, nachdem sie einmal begonnen hat, eine gewisse Grösse erreichen muss, ehe sie durch Vermittelung unseres zusammengesetzten Apparates zum Ausdruck kommen kann und dass hierzu Zeit erforderlich ist. Diese Zeit, während welcher die schon begonnene Verkürzung des ganzen Muskels unmerklich bleibt, muss um so länger dauern, je langsamer die Verkürzung zunimmt. Einen Maassstab zur annähernden Schätzung des Einflusses dieses Factors auf das graphische Latenzstadium hat man in dem Grade der Steilheit des ersten Theiles des aufsteigenden Curvenschenkels. Je geringer diese Steilheit ist, um so grösser wird der Einfluss des in das

Auge gefassten Factors sein. In der That nimmt nun die Steilheit des Anstiegs mit abnehmender Temperatur schnell ab und die gleichzeitig eintretende Verlängerung des Latenzstadiums kann gewiss zum Theil hierauf zurückgeführt werden. Anders ist dies bei Temperaturen oberhalb 30°. Hier nimmt das Latenzstadium bis zu den äussersten Temperaturen, bei denen der Muskel eben noch erregbar bleibt, beständig ab, obgleich hier die Steilheit des Anstiegs, gleichzeitig mit der Abnahme der Hubhöhe, ebenfalls abnimmt. Hier haben wir also eine Aenderung in der Dauer des Latenzstadiums vor uns, welche von dem letzten Factor wenigstens frei ist. Diese Aenderung und ein gewisser Bruchtheil unserer übrigen, ja sehr auffallenden Aenderungen des Latenzstadiums ist also vielleicht auf eine Aenderung des Latenzstadiums im Muskelelement selbst zu beziehen.

Jedenfalls hat es gar keine Schwierigkeiten, sich vorzustellen, dass stets eine Zeit vergeht, in welcher der schon im Muskelelement begonnene Erregungsprocess noch nicht zu mechanischen Zustandsänderungen führt und dass diese Zeit mit abnehmender Temperatur wächst. Im Sinne der Fick'schen Hypothese brauchte man z. B. nur die Annahme zu machen, dass der chemische Process der Muskelerregung nicht sofort zur Bildung von Milchsäure, sondern zuvor zur Bildung eines anderen, mechanisch unwirksamen Zwischenproducts führte. Jedes Molecül der contractilen Muskelsubstanz enthält eine gewisse Summe chemischer potentieller Energie. In dem Moment, wo der Erregungsprocess das in das Auge gefasste Molecül ergreift, muss auch sofort eine Umsetzung zwischen den Atomen des Molecüls statt haben. Hierfür giebt es kein Latenzstadium. Die Frage nach der Existenz eines mechanischen Latenzstadiums des Muskelelements lässt sich dahin praecisiren, ob gleich bei den ersten intramolekularen Atomumlagerungen mechanische Energie entwickelt wird oder nicht. Es liegt also weder eine theoretische Nöthigung vor, die Existenz eines mechanischen Latenzstadiums des Muskelelements zu leugnen und die Veränderlichkeit desselben durch die Temperatur zu bezweifeln, noch reicht sämmtliches, von uns und Anderen beigebrachte experimentelle Material aus, diese Fragen zu entscheiden. Es muss dies ausdrücklich hervorgehoben werden, weil die mehrfach citirte Abhandlung: „Ueber das Latenzstadium des Gesammtmuskels und des Muskelelements" irrthümlich so gedeutet worden ist, als sollte die Existenz eines mechanischen Latenzstadiums des Muskelelements durch dieselbe widerlegt worden sein.[1] Die Abhandlung hatte aber, wie in

[1] *The Journal of Physiology.* Vol. X. p. 1. Widersprüche, welche Hr. Yeo gegen Beobachtungen erhoben hat, welche in jener Abhandlung mitgetheilt wurden, sind Veranlassung gewesen, dass die den Beobachtungen zu Grunde liegenden Experimente von Mr. Cowl im Berliner physiologischen Institut wiederholt und erweitert worden sind. Alle Angaben jener Abhandlung wurden bestätigt. *Dies Archiv.* 1889. S. 563.

ihrer Einleitung deutlich gesagt ist, den Zweck, den Unterschied klar zu legen, welcher zwischen dem Sinne der Zeiten liegt, welche Bernstein als elektrisches und mechanisches Latenzstadium bestimmt hatte. Es wurde dann gezeigt, dass, wenn man das mechanische Latenzstadium ebenso auf das Muskelelement bezieht, wie das elektrische darauf bezogen werden muss, die zeitliche Differenz zwischen Beiden nicht mehr ausreicht, um die Bernstein'sche Annahme bestehen zu lassen, nach welcher die elektrischen Processe im Muskel abgelaufen seien, ehe die mechanischen begönnen. In dieser Beziehung hat die Abhandlung ihren Zweck erreicht, denn Bernstein[1] hat jetzt, genöthigt durch dieselbe, seinen Ausspruch dahin modificirt, dass die elektrischen Zustandsänderungen im Muskel früher begönnen, als die mechanischen, was wohl richtig sein kann.[2] Hierüber mit ihm zu rechten, können wir getrost Regéczy[3] überlassen, welcher in der That die Existenz eines mechanischen Latenzstadiums im Muskelelement leugnet. Für uns gewinnt das Latenzstadium nur dann erhöhtes Interesse, wenn wir sehen, dass Schlüsse von grosser Tragweite, wie bei Bernstein's erster Annahme, darauf gegründet werden sollen. Seitdem wir erkannt haben, von wie vielen, zum Theil recht unwesentlichen Factoren das der Bestimmung zugängliche Latenzstadium des Gesammtmuskels abhängt, und wie schwer Schlüsse daraus auf das für die Theorie allein wichtige Latenzstadium des Muskelelements zu ziehen sind, glauben wir nicht, dass auf solche Bestimmungen viel Gewicht zu legen sein wird, ehe nicht etwa ganz neue Methoden gefunden sein werden. Unterschiede, wie wir sie in der Zunahme der Zuckungsgrösse bei abnehmender Temperatur beobachtet haben, scheinen uns zunächst geeigneter für solche Zwecke.

Was im Uebrigen den Einfluss anlangt, welchen etwa sonst noch die Art des Ablaufes der Erregungswelle im Muskel auf unsere Curven gehabt

---

[1] J. Bernstein, Neue Theorie der Erregungsvorgänge und elektrischen Erscheinungen an der Nerven- und Muskelfaser. *Untersuchungen aus dem physiologischen Institut der Universität zu Halle.* 1888. S. 94.

[2] Inzwischen hat Burdon Sanderson im *Centralblatt für Physiologie,* Bd. IV, S. 185 Versuche mitgetheilt, in denen das elektrische Latenzstadium des Gastroknemius länger erscheint, als das mechanische und aus denen er wegen der Unwahrscheinlichkeit dieses Resultats ohne weitere Begründung den Schluss zieht, dass beide Latenzstadien gleich seien. Einem Umstand, der sich in den Curven des Capillarelektrometers übrigens auch ausgedrückt hat, ist nicht Rechnung getragen worden, dass nämlich am Gastroknemius die elektrische Stromschwankung doppelsinnig ist und dass die negative Phase dieser Erscheinung erst beginnen kann, wenn die „Achillesspiegelschwankung" über die „Kniespiegelschwankung" (welche gleichzeitig beginnen und zu Anfang gleich sein können), die Oberhand erhält. (Vergl. du Bois-Reymond in *diesem Archiv,* 1875, S. 664.)

[3] E. N. v. Regéczy, Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLIV. S. 584.

haben mag, so wollen wir nur andeuten, dass dies bezüglich der grösseren Concavität gegen die Abscisse am Anfang der isometrischen Curven im Gegensatz zu den isotonischen der Fall gewesen sein wird. Eine Begründung dieser unserer Ansicht würde uns weiter führen, als der Bedeutung des Gegenstandes entsprechen würde. Dagegen folgt wohl ohne Weiteres aus der obigen Abschätzung der möglichen Grösse jenes Einflusses, dass die grössere Schnelligkeit, mit welcher das isometrische Curvenmaximum im Gegensatz zum isotonischen erreicht wird, hiermit nichts Wesentliches zu thun hat. Wir haben diesen Unterschied in Uebereinstimmung mit Fick, bei den niederen Temperaturen jedoch in weit deutlicherer Weise, beobachtet und hier ist die zeitliche Differenz grösser als die obere Grenze der auf jenen Einfluss zu beziehenden Zeitgrösse. Gerade auf Grund unserer Erfahrungen am abgekühlten Muskel (vgl. 5 und 6 Fig. 8 Taf. VI) haben wir die Ueberzeugung gewonnen, dass dieser wahrscheinlich bedeutungsvolle Unterschied zwischen isotonischer und isometrischer Zuckung auf Unterschieden im zeitlichen Verlauf der Processe im Muskelelement zu beziehen ist, was mit Fick's Ansicht übereinstimmen dürfte.

Bedeutungsvoll nennen wir dies darum, weil Unterschiede des Verlaufes des Erregungsprocesses im Muskelelement bei isotonischem und isometrischem Verfahren wahrscheinlich einst den Schlüssel liefern werden zu der Erklärung der merkwürdigen, von Heidenhain zuerst gefundenen und von Fick auf verschiedenen Wegen bestätigten Thatsache, dass der Muskel bei grösserem äusseren Widerstand gegen seine Verkürzung auch mehr Energie entwickelt. Wenn der Muskel ein grösseres Gewicht zu heben hat, so arbeitet er unter Bedingungen, welche sich denen der Isometrie nähern, die räumlichen Verschiebungen innerhalb der Muskelsubstanz werden kleiner und es ist sehr interessant, zu erfahren, wie hierdurch der zeitliche Verlauf der chemischen Processe im Muskel verändert wird.

Wichtiger als Alles dieses scheinen uns nun aber vorläufig die Betrachtungen zu sein, welche sich an das Intervall zwischen der Temperatur von 30° und derjenigen der Wärmestarre des Muskels knüpfen lassen. Dass es uns gelungen ist, die Erscheinungen dieses Intervalls rein herauszuschälen, betrachten wir als einen kleinen Triumph der inzwischen weiter vorgeschrittenen Experimentaltechnik. Es ist in der That sehr lehrreich, zu sehen, wie die Wirkungen des Muskels mehr und mehr durch Erhitzung abnehmen, beinahe bis auf Null, ohne dass noch eine Spur von Wärmestarre auftritt und ohne dass das innere Gefüge des Muskels dauernd geändert wird. Dass Letzteres nicht geschehen ist, erkennt man mit aller Sicherheit daran, dass nach der Wiederabkühlung die Leistungsfähigkeit des Muskels — abgesehen von dem kleinen Einfluss der Ermüdung, welche im Verlauf der Versuchsreihe auch ohne Temperaturänderungen eingetreten

sein würde —, dieselbe wird, wie vor der Erhitzung. Auf Grund dieser Erfahrungen ist man im Stande und gezwungen, die die Wärmestarre bedingenden Vorgänge, weit schärfer als bisher geschah, in Gegensatz zu stellen nicht nur gegen die Erregungsprocesse im Muskel überhaupt, sondern auch gegen die Erregungsprocesse bei den höchsten für die Erregbarkeit noch zulässigen Temperaturen. Aus unseren auf Grund der Fick'schen Hypothese ausgeführten Constructionen Taf. VIII geht hervor, dass man die Abnahme der Wirksamkeit des Muskels bei der Erhitzung wohl vereinigen kann mit der Annahme eines stetigen Fortschreitens in der Intensität beider chemischen Processe. Bis zum Aufhören der Erregbarkeit des Muskels oder, was dasselbe ist, bis zum ersten Beginn der Wärmestarre lässt sich auch bei Erhitzung dieselbe Betrachtungsweise anwenden, wie im ganzen übrigen Bereich der Temperatur-Variationen. Mit dem Ueberschreiten des für die Wärmestarre kritischen Temperaturpunktes hört dies auf. Wir können nicht einmal annehmen, dass nur der zweite der hypothetischen chemischen Processe (Verbrennung der Milchsäure zu Kohlensäure) nun plötzlich ausbliebe und dass der erste der gedachten Processe wesentlich ebenso abliefe wie sonst. Formell liesse sich ja freilich das Verharren des Muskels im Maximum seiner Verkürzung hierdurch erklären, unverständlich bliebe aber das dauernde Erlöschen der Erregbarkeit[1] und noch unverständlicher wäre der von uns ermittelte und wiederholt betonte enorme Unterschied zwischen dem Verhältniss der bei Wärmestarre entwickelten Spannung zu der bei 19° durch maximale Reizung erreichbaren Spannung einerseits, und dem Verhältniss der bei Wärmestarre eintretenden Verkürzung zu der bei 19° durch maximale Reizung erreichbaren Verkürzung andererseits (Taf. IV *C* u. *C'*). Zudem ist der auf irgend eine Weise (durch gewöhnliches Absterben, Erschöpfung, Erfrieren oder Erhitzen) seiner Erregbarheit definitiv verlustig gegangene Muskel im Stande, bei Wärmestarre denselben Grad der Verkürzung oder Spannung zu erreichen wie der intacte Muskel. Es bleibt in der That nur die Annahme übrig, dass die Natur des chemischen Processes, welcher der Wärmestarre zu Grunde liegt, eine ganz andere ist als die Natur des chemischen Processes der Muskelerregung.

Erhebliche Schwierigkeiten bietet die Deutung der Erscheinungen an

---

[1] Allerdings wäre wohl noch der Versuch zu wagen, ob ein eben wärmestarr gemachter Muskel bei seiner schleunigen Wiederabkühlung nicht durch Reizung wieder verlängert und so wieder befähigt werden könnte, wiederholte Reize mit wiederholten Contractionen zu beantworten. Aus Versuchen, welche wir in diesem Sinne angestellt haben, welche aber an dem Uebelstande leiden, dass man den Muskel in allen seinen Schichten nie gleichzeitig in denselben Zustand versetzen kann, geht hervor, dass die einmal der Wärmestarre verfallenen Muskeltheile unwiederbringlich die Erregbarkeit eingebüsst haben.

der unteren Grenze unseres Temperaturbereiches. Dass man den Muskel unter 0° abkühlen kann, ohne seine Erregbarkeit vorübergehend oder dauernd zu vernichten, kann zwar nicht Wunder nehmen, denn der Gefrierpunkt der interstitiellen Gewebeflüssigkeit sowohl wie der contractilen Substanz selbst muss unter Null Grad liegen. Was aber geschehen ist, wenn die Zuckung unter dem Einfluss der Kälte beinahe Null geworden ist, kann mit Sicherheit kaum gesagt werden. Gewiss wird die Intensität der chemischen Processe in der contractilen Substanz mehr und mehr abnehmen. Könnten aber nicht die Molecüle derselben contractilen Substanz noch fähig sein, diesem Process zu verfallen, wenn die interstitielle Flüssigkeit schon erstarrt und jede Formänderung der contractilen Substanz dadurch unmöglich gemacht worden ist? Nach unseren Erfahrungen scheint dies nicht der Fall zu sein, denn wir haben den Muskel sich nur dann wieder von der Erkältung erholen sehen, wenn er nicht bis zur völligen Reactionslosigkeit abgekühlt worden war. Sobald er einmal aufgehört hat zu reagiren, muss also die erregbare Substanz selbst geschädigt worden sein. Dies kann freilich zu Stande kommen entweder dadurch, dass sie selbst gefriert, oder dadurch, dass sie bei Gefrieren der interstitiellen Gewebeflüssigkeit verletzt wird. Kühne und Hermann haben auch gesehen, dass Muskeln, die gefroren gewesen waren, nach ihrem Aufthauen noch gezuckt haben. Bei solchen Muskeln wäre an die doppelte Möglichkeit zu denken, dass entweder nur ihre interstitielle Gewebsflüssigkeit gefroren gewesen sei, die erregbare Muskelsubstanz aber noch nicht oder dass auch Letztere gefroren gewesen sei, ohne dass die Molekularstructur der Substanz dadurch gelitten hätte. Gewiss wäre es merkwürdig, wenn das Protoplasma selbst gefrieren könnte ohne zu sterben. Durch die Beobachtungen von Kühne und Hermann ist dies aber, wie wir sehen, nicht bewiesen[1] und nach unseren Erfahrungen ist es unwahrscheinlich. Allerdings könnte man gegen die Beweiskraft unserer Erfahrungen einwenden, dass sie insofern unter ungünstigen Bedingungen gewonnen seien, als wir den Muskel bis kurz vor dem Gefrieren immer noch zur Contraction gebracht haben und dass die Muskelsubstanz stärkere Insulte erlitte, wenn sie bei halbgefrorener Gewebsflüssigkeit zu Zuckungen veranlasst würde, als wenn sie bei dem Gefrieren in Ruhe bliebe. Wir glauben aber, dass dieser Einwand nicht stichhaltig ist, da wir bei demselben Versuchsverfahren die Leistungsfähigkeit des Muskels völlig wiederkehren sahen, wenn er zwar beinahe, aber eben nicht ganz bis zur Reactionslosigkeit erkältet worden war. Wie dem auch sei, uns will es

[1] Ebensowenig wie durch die Beobachtung des Einen von uns, nach welcher der N. vagus vom Kaninchen, wenn er hart gefroren gewesen war, wieder vollkommen leitungsfähig werden kann. J. Gad, Die Regulirung der normalen Athmung. *Dies Archiv.* 1880. S. 17.

nicht scheinen, als ob der Muskel sehr geeignet sei, die Frage zu entscheiden, bei welcher Temperatur lebendes Protoplasma gefriert (wenn es überhaupt gefriert) und ob einmal gefroren gewesenes thierisches Protoplasma noch lebensfähig sei. Besseren Aufschluss als vom Muskel wird man hierüber vielleicht von den leuchtenden Crustaceen der Polarmeere erhalten, welche Nordenskiöld bei sehr niederen Temperaturen des salzreichen Oceans seine Fussspuren längs des Gestades bezeichnen sah.

Zum Schluss können wir es uns nicht versagen, darauf hinzuweisen, dass auch für die Gesichtspunkte, von denen Marey sich leiten liess, als er in glänzender Weise die Untersuchung auf unserem Gebiete eröffnete, durch die von uns gesammelten Thatsachen Einiges gewonnen ist. Die Ursachen dafür zu ermitteln, weshalb uns unser Bewegungsapparat unter gewissen Bedingungen der Temperatur besser gehorcht, als unter anderen, ist eine Aufgabe, welche auch ausserhalb der Grenzen unserer engeren Wissenschaft Interesse erregen muss. In ihren Grundzügen ist die Aufgabe schon von Marey gelöst worden, doch hat er selbst damals gesagt: „il y a là encore une vaste étude de phénomènes importants et qui méritent une étude approfondie.“

Wir haben zu den Angaben Marey's hinzufügen können, dass das Optimum für die Brauchbarkeit unseres Bewegungsapparates nicht nur von der Art abhängt, wie die einzelnen Zuckungen verlaufen, sondern auch von der Art, wie sich die einzelnen Erregungen im Muskel zum Tetanus summiren. Wir konnten zeigen, dass das Optimum darum für den Froschmuskel bei 19° liegt, weil hier die Summirbarkeit der Erregungen eine verhältnissmässig grosse ist, ohne dass sich noch die Ermüdbarkeit geltend macht, welche den Werth des Muskels bei den höheren Temperaturen, bei denen freilich die Tetanushöhe grösser ist, stark herabdrückt. Selbstverständlich können auch wir nur den citirten Ausspruch Marey's über die Beschränktheit des Erreichten wiederholen. Am Ende unserer Untersuchung stehen wir unter dem Eindruck der Erfahrung, welche man bei der Forschung, namentlich auf dem Gebiete der biologischen Wissenschaften, immer wieder macht, dass uns die Natur auf unsere Fragen zunächst damit antwortet, dass sie uns neue Fragen, freilich in praeciserer Fassung darbietet. Lernen wir von der Natur unsere Fragen immer deutlicher zu stellen, so werden wir einst die Antwort erhalten, welche uns den thatsächlichen Zusammenhang der Erscheinungen selbst enthüllt.

Erklärung der Abbildungen.

Die Originalcurven wurden, im Verhältniss von $2^3/_4 : 1$ verkleinert, photographirt und die Photographie in Steindruck wiedergegeben.

Taf. IV.

A = Schematische Zusammenstellung isotonischer Zuckungscurven bei verschiedenen Temperaturen (— 5 bis $42^1/_2{}^0$).

A' = für die isometrischen Curven.

B = für den isotonischen Tetanus.

B' = für den isometrischen Tetanus.

C = Curven der Erregungsmaxima bei verschiedenen Temperaturen auf einzelne und tetanisirende Reize, isotonisches Verfahren.

C' = bei isometrischem Verfahren.

D = *a*) Curve der Zuckungsdauer.

b) Curve der Plateaudauer.

E = Curve der Dauer des Latenzstadiums.

F = Curve des Verhältnisses der Dauer der aufsteigenden Periode zu der der absteigenden Periode.

Taf. V.

Fig. 1. Frosch am Tage vorher curarisirt. M. semimembranosus. Anfangsspannung (*A S*) 7·5 grm. 2 Dan. Absteigender Strom (*c D*). Secundäre Rolle (*S R*), Abstand Null. Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel (V), 3″.

I *A*	1	12 Uhr 27 Min.	17^0	8	12 Uhr 48 Min.	8^0
	2	12 „ 30 „	11^0	9	12 „ 49 „	12^0
	3	12 „ $32^1/_2$ „	7^0	10	12 „ 50 „	17^0
	4	12 „ 34 „	$2^1/_2{}^0$	11	12 „ 51 „	$20^1/_2{}^0$
	5	12 „ 36 „	1^0	12	12 „ 52 „	22^0
B	6	12 „ 44 „	2^0	13	12 „ 53 „	23^0
	7	12 „ 46 „	6^0			

Fig. 2. Nicht curarisirter Sartorius; *A S* = 5 grm; übrigens dieselben Bedingungen wie im Experiment I.

1	5 Uhr 12 Min.	14^0	10	5 Uhr 21 Min.	-2^0
2	5 „ 13 „	14^0	11	5 „ $21^3/_4$ „	-3^0
3	5 „ 14 „	14^0	12	5 „ $22^3/_4$ „	-4^0
4	5 „ 15 „	10^0	13	5 „ $23^3/_4$ „	-5^0
5	5 „ 16 „	8^0	14	5 „ 24 „	-5^0
6	5 „ 17 „	5^0	15	5 „ $24^1/_2$ „	-6^0
7	5 „ 18 „	3^0	16	5 „ 25 „	-7^0
8	5 „ 19 „	2^0	17	5 „ $25^1/_2$ „	-7^0
9	5 „ 20 „	0^0	18	5 „ 26 „	-7^0

Fig. 3. Curarisirter Sartorius. Dieselben Bedingungen.

A	1	1 Uhr	17 Min.	17° Kalte Mischung
	2	1 „	19 „	
	3	1 „	11 „	
	4	1 „	13 „	
	5	1 „	15 „	
	6	1 „	18 „	
	7	1 Uhr	21 Min.	
B	8	1 „	24 „	—6°
	9	1 „	28 „	—6° Wasser von 12°
	10	1 „	32 „	
	11	1 „	34 „	
	12	1 „	40 „	+10°

C siehe S. 80.

Fig. 4 *A*. Nicht curarisirter Sartorius. Dieselben Bedingungen.

1	10 Uhr	51 Min.	17° Kalte Mischung
2	10 „	53 „	
3	10 „	56 „	
4	10 „	58 „	

B. Curarisirter Semimembranosus; $AS = 10^{grm}$; V = 6″.

1	Moment des Reizes.		
2	3 Uhr	54 Min.	17° Kalte Mischung
3	4 „	7 „	+6°

Fig. 5. Derselbe Muskel und dieselben Bedingungen wie in Fig. 4 *B*.

4	4 Uhr	12 Min.	4°	Oeffnungsschlag
5	4 „	15 „	4°	Constanter Strom
6	4 „	17 „	4°	a) Oeffnungsschlag b) Constanter Strom
7	4 „	27 „	4°	a) Oeffnungsschlag b) Constanter Strom

Fig. 6. Gastroknemius eines Tags vorher curarisirten Frosches. $AS = 7 \cdot 5^{grm}$; V = 3″.

	1	12 Uhr	15 Min.	
	bis	12 „	20 „	17°
A	2	12 „	21 „	17° Kalte Mischung
	3	12 „	24 „	
	4	12 „	26 „	
	5	12 „	27 „	
	6	12 „	28 „	
	7	12 „	29 „	
	8	12 „	30 „	
	9	12 „	31 „	
	10	12 „	32 „	
	11	12 „	33 „	
	12	12 „	34 „	
	13	12 Uhr	35 Min.	
	14	12 „	36 „	
	15	12 „	37 „	
	16	12 „	38 „	— 10°
B	17	12 „	40 „	
	18	12 „	42 „	
	19	12 „	44 „	
	20	12 „	46 „	
	21	12 „	48 „	
	22	12 „	50 „	
	23	12 „	51 „	
	24	12 „	52½ „	
	25	12 „	54 „	

Fig. 7. Nicht curarisirter Gastroknemius, V = 14″.

A 1 11 Uhr 55 Min. 17⁰
Kalte Mischung
2 12 „ — „
3 12 „ 3 „
4 12 „ 6 „
5 12 „ 9 „
6 12 „ 12 „
7 12 „ 15 „
8 12 „ 18 „
9 12 „ 21 „
Wasser von 20⁰

B 10 12 Uhr 40 Min.
Kalte Mischung
11 12 „ 45 „
12 12 „ 48 „
13 12 „ 52 „
14 12 „ 55 „
15 12 „ 58 „
16 1 „ 1 „
17 1 „ 4 „

Taf. VI.

Fig. 8. Curarisirter Gastroknemius. *A S* = 7·5 ^grm^; V = 6″.

1 1 Uhr 2 Min. 16⁰
2 1 „ 3 „ 16⁰
3 1 „ 5 „ 12⁰
4 1 „ 6 „ 11⁰
5 1 „ 8 „ 9⁰
6 1 Uhr 9 Min. 7⁰
7 1 „ 11 „ 4⁰
8 1 „ 12 „ 4⁰
9 1 „ 16 „ 2⁰
10 1 „ 17 „ 2⁰

Fig. 9 *A.* Curarisirter Gastroknemius. V = 3″.

1 Reizmoment
2 10 Uhr 3 Min. 17⁰
Kalte Mischung
3 10 „ 8 „
4 10 „ 15 „

B. Curarisirter Gastroknemius. *A S* = 7·5 grm. V. = 6″.

1 Reizmoment
2 1 Uhr 5 Min. + 5⁰
3 1 „ 20 „ 20⁰

Fig. 10. Curarisirter Gastroknemius. V = 6″.

1 $3^1/_2{}^0$ Analog Fig. 5.
2 „
3 „

Fig. 11. Curarisirter Gastroknemius. V = 3″.

1 1 Uhr 45 Min. 16⁰
2 1 „ $45^1/_2$ „ 16⁰
Spiral Abscisse
3 1 „ 46 „ 16⁰
4 1 „ 49 „ 19⁰
5 1 „ $50^1/_2$ „ 23⁰
6 1 „ 52 „ 26⁰
7 1 Uhr 54 Min. $27^1/_2{}^0$
8 1 „ 56 „ 28⁰
9 1 „ 59 „ 29⁰
10 2 „ 1 „ $30^3/_4{}^0$
11 2 „ 3 „ $31^1/_2{}^0$
12 2 „ 5 „ $32^1/_4{}^0$
13 2 „ 7 „ $33^1/_4{}^0$

14	2 Uhr	9 Min.	$33^3/_4{}^0$
15	2 „	11 „	34^0
16	2 „	13 „	35^0
17	2 „	15 „	35^0
18	2 „	17 „	36^0

Horizontal Abscisse

19	2 Uhr	$18^1/_2$ Min.	38^0
20	2 „	20 „	40^0
21	2 „	22 „	40^0

Fig. 12. Nicht curarisirter Semimembranosus. $A\,S = 10^{\text{grm}}$. V = 3″.

1	11 Uhr	5 Min.	21^0
2	11 „	8 „	19^0
3	11 „	10 „	18^0
4	11 „	12 „	16^0

Fig. 13 *A*. Nicht curarisirter Gastroknemius.

1	$29^1/_2{}^0$	5	36^0	9	$40^1/_2{}^0$
2	31^0	6	37^0	10	41^0
3	34^0	7	38^0	11	42^0
4	36^0	8	$39^1/_2{}^0$	12	42^0

B. Semimembranosus. $A\,S = 7{\cdot}5^{\text{grm}}$. V = 3″.

1	10 Uhr	— Min.	30^0
2	10 „	2 „	32^0
3	10 „	4 „	34^0
4	10 „	6 „	36^0
5	10 „	8 „	38^0
6	10 „	10 „	39^0
7	10 „	11 „	40^0

Fig. 14. Curarisirter Sartorius. $A\,S = 5^{\text{grm}}$.

1	3 Uhr	33 Min.	16^0
2	3 „	37 „	29^0
3	3 „	38 „	$28^1/_2{}^0$
4	3 „	40 „	34^0
5	3 „	41 „	34^0
6	3 „	44 „	36^0

Fig. 15 *A*. Nicht curarisirter Semimembranosus.

1	11 Uhr	31 Min.	-2^0	9	11 Uhr	48 Min.	17^0
2	11 „	34 „	-1^0	10	11 „	50 „	20^0
3	11 „	36 „	$+4^0$	11	11 „	52 „	23^0
4	11 „	38 „	6^0	12	11 „	54 „	26^0
5	11 „	40 „	8^0	13	11 „	56 „	28^0
6	11 „	42 „	10^0	14	11 „	58 „	34^0
7	11 „	44 „	12^0	15	12 „	— „	36^0
8	11 „	46 „	14^0				

B, Curarisirter Gastroknemius.

1	5 Uhr	8	Min.	32½°
2	5 „	9	„	31¼°
3	5 „	9⅔	„	28°
4	5 „	10	„	25°
5	5 „	10½	„	22½°
6	5 „	11	„	20°
7	5 „	11½	„	18°
8	5 „	12	„	16°
9	5 „	12½	„	14½°
10	5 Uhr	13	Min.	13¼°
11	5 „	13⅓	„	12°
12	5 „	14½	„	11°
13	5 „	15	„	10¼°
14	5 „	16	„	9½°
15	5 „	17	„	8½°
16	5 „	18	„	8°
17	5 „	19	„	7°
18	5 „	19	„	6°

Fig. 16. Nicht curarisirter Gastroknemius.

1	6 Uhr	27	Min.	31°
2	6 „	28	„	28°
3	6 „	29	„	23°
4	6 „	30	„	20°
5	6 „	31	„	19°
6	6 „	32	„	17°
7	6 „	32½	„	15°
8	6 „	33	„	14°
9	6 „	33½	„	13°
10	6 „	34	„	12°
11	6 Uhr	34½	Min.	11°
12	6 „	35	„	10½°
13	6 „	35½	„	10°
14	6 „	36	„	9½°
15	6 „	37	„	9°
16	6 „	38	„	8½°
17	6 „	39½	„	8°
18	6 „	40½	„	7°
19	6 „	42	„	7°

Taf. VII.

Fig. 17. Curarisirter Sartorius. *A S* = 5 grm. V = 6″.

A	1	4 Uhr	20	Min.	14°
	2	4 „	21	„	14°
	3	4 „	22½	„	5°
	4	4 „	24	„	3°
	5	4 „	26	„	3°
	6	4 „	28	„	3°
	7	4 „	29	„	3°
	8	4 „	31	„	15°
	9	4 Uhr	33	Min.	24°
	10	4 „	35	„	27°
	11	4 „	37	„	28½°
B	12	4 „	42	„	27°
	13	4 „	44	„	11°
	14	4 „	46	„	8°
	15	4 „	48	„	3°
	16	Wärmestarre bei 43°			

Fig. 18. Nicht curarisirter Gastroknemius. *A S* = 10 grm. V = 6″.

A	1	10 Uhr	23	Min.	15°
	2	10 „	24	„	15° Schnee
	3	10 „	25	„	2°
	4	10 „	26	„	0°
	5	10 „	27	„	0°
	6	10 „	28	„	0°
	7	10 „	29	„	0°
	8	10 „	30	„	0°
	9	10 „	32	„	0°
	11	10 Uhr	33	Min.	0°
	12	10 „	34½	„	4°
	13	10 „	35½	„	5°
	14	10 „	36½	„	9°
	15	10 „	37½	„	17°
	16	10 „	38½	„	23°
	17	10 „	39½	„	28°
	18	10 „	41	„	30°
	19	10 „	42½	„	30°
	20	10 „	44	„	29°

B 21	10 Uhr 46 Min. 29°		25	10 Uhr 55 Min. 10°
22	10 „ 48 „ 33°		26	10 „ 57 „ 4°
23	10 „ 50 „ 25°		27	10 „ 59 „ 2°
24	10 „ 53 „ 19°		28	11 „ — „ 1°

Fig. 19. Curarisirter Gastroknemius. $AS = 5^{\text{grm}}$. V = 6″.

A	1 11 Uhr 18 Min. 17°		*B*	4 11 Uhr 23 Min. −3°
	2 11 „ 20 „ 2°			5 11 „ 24½ „ +9°
	3 11 „ 21 „ −2°			6 11 „ 25½ „ 20°
				7 11 „ 26 „ 28°
				8 11 „ 26½ „ 32°

Fig. 20. Curarisirter Gastroknemius. $AS = 10^{\text{grm}}$. V = 3″.

A	1 1 Uhr 4 Min. 20°		*B*	5 1 Uhr 18 Min. 2°
	2 1 „ 9 „ 10°			6 1 „ 20 „ 2°
	3 1 „ 14 „ 4°			7 1 „ 24 „ 14°
	4 1 „ 15 „ 4°			8 1 „ 28 „ 20°
				9 1 „ 32 „ 26°
				10 1 „ 37 „ 32°

Fig. 21. Curarisirter Sartorius. S. 94.

1	11 Uhr 35 Min. 21°
2	11 „ 40 „ 10°
3	11 „ 43 „ 8°
4	11 „ 45 „ 5°

Fig. 22. Kautschukstreifen. S. 67.

1	0^{grm}
2	100 „
3	200 „
4	300 „
5	400 „
6	500 „

Fig. 23. Nicht curarisirter Gastroknemius. 2 Dan. $AS = 7 \cdot 5^{\text{grm}}$. 16°. Vergl. S. 70.

A.	1	14^{cm} Abstand der secundären Rolle
	2	13½ „
	3	13 „
	4	12½ „
	:	:
	28	0 „
B.	29	0 „
	30	½ „
	31	1 „
	:	:
	54	13 „

Fig. 24. Curarisirter Gastroknemius. 2 Dan. 18°.

A.	1	13·5 cm s. R.	C. A.		*D.*	15	0 cm s. R.	C. D.
	1′	13·5 „	C. D.			15′	0 „	C. A.
	2	13 „	C. A.			16	1 „	C. D.
	2′	13 „	C. D.			16′	1 „	C. A.
	3	12 „	C. A.			⋮	⋮	
	3′	12 „	C. D.			28	14 „	C. D. = 0
	⋮	⋮				28′	14 „	C. A.
	14	0 „	C. A.			29	15 „	C. D. = 0
	14′	0 „	C. D.			29′	15 „	C. A. = 0

Taf. VIII.

A = Schema des myographischen Stativs, mit Becken zur Temperaturänderung des Muskels.
B = Organ zur Bestimmung der Schleuderung beim isometrischen Régime.
D = Schema der Anordnung für einzelne Reize mittels Oeffnungsschlag.
E = Schema für Tetanus.
F = Schema für einzelne Reize mittels Oeffnungsschlag und Kettenstrom.
G = Schema der Fortpflanzung der Contractionswelle.
H = Schema betreffend die Theorie des Erregungsprocesses.

Ueber die Wirkungen der Seifen im Thierkörper.

Von

Immanuel Munk
in Berlin.

(Aus dem thierphysiologischen Laboratorium der Landwirthschaftlichen Hochschule.)

Nachdem ich bereits vor Jahren[1] festgestellt hatte, dass die festen Fettsäuren (Gemenge von Oel-, Palmitin- und Stearinsäure) den Eiweissumsatz im Körper in gleicher Weise beschränken, wie die ihnen chemisch aequivalente Menge Neutralfett, begann ich vor etwa vier Jahren den Einfluss der festen Fettsäuren auch auf den Fettverbrauch im Körper, gemessen durch die Grösse der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung, zu ermitteln. Hungernde Kaninchen, durch Curare bewegungslos gemacht, wurden mittels des Zuntz'schen Athemapparates ventilirt; sobald eine ziemliche Constanz des Gaswechsels eingetreten war, wurde in die Vena jugularis der betreffende, bezüglich seines Einflusses auf den Fettverbrauch zu prüfende Stoff in wässriger Lösung, zu 1 bis 3 Tropfen in der Minute, einfliessen gelassen. Um eine etwaige Säurewirkung auszuschliessen und mit wasserlöslichen Stoffen zu operiren, wurden die Natronsalze der festen Fettsäuren zur Injection verwendet. Bei diesen Versuchen, die auch noch auf andere Stoffe ausgedehnt worden sind und wegen deren an dieser Stelle nur auf das Original[2] verwiesen werden soll, wurde nun an den Natronsalzen der festen (nicht flüchtigen) Fettsäuren, den sogenannten Natronseifen, eine überraschende

[1] I. Munk, *dies Archiv.* 1879. S. 371; — Virchow's *Archiv* u. s. w. Bd. LXXX. S. 10; Bd. XCV. S. 433.

[2] Derselbe, Der Einfluss des Glycerins, der flüchtigen und festen Fettsäuren auf den Gaswechsel. Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLVI. S. 302.

Beobachtung gemacht, deren genauere Verfolgung der Gegenstand der nachfolgenden Blätter ist.

Da die festen Fettsäuren, als in Wasser unlöslich, zur Injection in die Blutbahn nicht verwendet werden konnten und ausserdem eine Complication mit der Wirkung der freien Säure zu befürchten war, sollten die in Wasser löslichen Natronseifen zu den Versuchen dienen. Von den Kaliseifen wurde, wie wohl selbstverständlich, Abstand genommen, weil alle Kalisalze, in grossen Gaben in's Blut eingeführt, an sich giftig sind, die Herzthätigkeit schädigen und schliesslich lähmen.

Farblose reinste Oelsäure wurde mit Sodalösung in der Wärme digerirt dann im Wasserbade zur Trockne gedampft, der Rückstand zum Zweck der Trennung von überschüssiger Soda mit heissem absoluten Alkohol aufgenommen, aus dem heiss filtrirten Extract der Alkohol zum grösseren Theil verjagt, in der Kälte auskrystallisiren gelassen, die Krystalle abgepresst, erst im Wasserbade, dann über Schwefelsäure getrocknet. Von dem so gewonnenen reinen ölsauren Natron wurden 5·425 grm, entsprechend 5 grm Oelsäure, in 100 ccm Wasser gelöst und diese nur minimal getrübte Lösung durch dichtes Papier filtrirt. Die in Folge der gleich anzuführenden Versuchsstörungen wiederholt ausgeführte mikroskopische Untersuchung zeigte eine ganz gleichmässige Lösung, nirgends war ein ungelöstes Fett-, bezw. Oelsäuretröpfchen zu sehen.

Wurde den künstlich ventilirten Kaninchen, zu 1 bis 2 Tropfen in der Minute, innerhalb 30 bis 45 Minuten 4 bis 6 ccm der Seifenlösung, entsprechend 0·11 bis 0·13 grm Oelsäure pro Körperkilo, einverleibt, so verendeten die Thiere ungeachtet sorgfältig unterhaltener, rhythmischer, künstlicher Athmung: der Herzschlag war weder sicht- noch fühl- noch hörbar; Hand in Hand mit dem Absinken der Herzthätigkeit ging auch der Gaswechsel auf $^1/_2$ bis $^1/_4$ herunter, schliesslich bis auf Null. War in wenigen Minuten Seifenlösung, entsprechend 0·11 grm Oelsäure pro Körperkilo eingeführt, so stellte schon vor Ablauf der ersten Viertelstunde das Herz seine Thätigkeit ein. Schon 0·08 grm Oelsäure pro Körperkilo liess die Herzschläge, nach voraufgegangener nur kurzdauernder Zunahme ihrer Stärke und Frequenz, sehr bald um $^1/_4$ bis $^1/_3$ der ursprünglichen Frequenz seltener und zugleich auch schwächer werden, bei 0·11 bis 0·14 grm Oelsäure pro Kilo kam es regelmässig binnen Kurzem, wohl gemerkt, ungeachtet sorgfältig unterhaltener künstlicher Athmung, zum Herzstillstand bei praller Füllung aller Herzhöhlen. Nahm man, sobald in refracta dosi Seife in's Blut gelangt war, entsprechend 0·08 grm Oelsäure pro Kilo, von der weiteren Injection Abstand, so konnte sich das in seiner Schlagzahl und Contractionsenergie erheblich geschädigte Herz allmählich wieder erholen, unter Zunahme der Zahl und des Umfanges

seiner Schläge. Doch wenn auch der Herzschlag im Verlauf von $^1/_2$ bis 1 Stunde langsam wieder die frühere Stärke erreichte, blieb die Frequenz immer noch kleiner als vor der Injection.

Controlversuche mit flüchtigen Fettsäuren (buttersaures Natron), im Uebrigen genau in der gleichen Weise ausgeführt,[1] lehrten, dass von ihnen selbst 5 bis 7 Mal so grosse Gaben als von dem ölsauren Natron die Herzthätigkeit nicht schädigen; im Gegentheil wurden die Herzschläge danach etwas häufiger und fühlbar kräftiger.

Spontan athmende Kaninchen gingen eher durch noch kleinere Gaben von Natronseifen (0·07 ^{grm} pro Kilo) unter Krämpfen zu Grunde.

Wie schon erwähnt, wurde, um gegen jede mögliche Täuschung geschützt zu sein, die Seifenlösung jedesmal vor der Einführung, eventuell wiederholt, filtrirt und mikroskopisch untersucht; niemals wurden ungelöste Fett- oder Oelsäuretröpfchen gefunden. Aber selbst wenn die Lösung nach Art einer schlechten Emulsion noch gröbere Oelsäuretröpfchen enthalten hätte, wäre damit höchstens die Möglichkeit gegeben, dass in Folge von Verstopfung der Lungencapillaren und dadurch bedingtem O-Mangel und CO_2-Anhäufung Erstickung eintrat, nicht aber ein primärer Herzstillstand in exquisiter Herzdiastole trotz künstlich unterhaltener Athmung.

Es erschien mir demnach von Interesse, die geschilderte bemerkenswerthe Wirkung reiner wasserlöslicher Natronseifen auf das Herz genauer zu verfolgen. Zur Bestreitung des reichlichen Aufwandes an Thiermaterial, das diese Untersuchung und weitere experimentelle Studien erforderten, welche sich unmittelbar an die von mir verfolgte Frage der Fettresorption anschliessen, wurde mir eine Zuwendung aus der Gräfin Bose-Stiftung bewilligt, wofür ich dem Curatorium derselben verbindlichsten Dank abstatte.

1. Wirkung bei Einführung in den allgemeinen Kreislauf.

Die weiteren Versuche, bei denen ich mich zumeist der dankenswerthen Mitwirkung des Hrn. Prof. Zuntz erfreute, wurden an kleinen und mittelgrossen, spontan athmenden Hunden ausgeführt, die etwa 5 bis 8 ^{mgrm} Morph. mur. per Kilo subcutan erhielten und, wenn sie dann im Verlauf von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden in leichten Schlaf verfielen, weiter mit Aether, dem ab und zu $^1/_2$ Vol. Chloroform hinzugefügt war, in Narkose gehalten wurden. Dann wurde in die freigelegte Art. cruralis dextra eine Glascanüle eingeführt und durch diese mittels des mit 25 procentiger Magnesiumsulfatlösung gefüllten Bleirohres die Verbindung zwischen der Arterie und dem Quecksilbermanometer des Ludwig'schen Kymographions hergestellt; der

[1] I. Munk, Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLVI. S. 322.

Schwimmer des Manometers registrirte den jeweiligen Druck in bekannter Weise auf einer durch ein Uhrwerk vorbeigeführten unendlichen Papierrolle. Noch praktischer als das Bleirohr erwies sich eine Gliederkette aus Glasröhren: etwa 20 Glasröhrenstücke von 3 bis 4 ^{cm} Länge und etwa $^1/_2$ ^{cm} im lichten Durchmesser wurden durch kurze Gummischläuche hinter einander verbunden, doch so, dass innerhalb der Schläuche Glas an Glas stiess; diese einfache Vorrichtung vereint die Vortheile, einerseits genügend starr zu sein, um den jeweiligen Blutdruck genau bis zum Manometer fortzupflanzen, andererseits vermöge der einzelnen kurzen Röhrenglieder wiederum sehr beweglich zu sein und sich so leicht als nur möglich den jedesmaligen Versuchsverhältnissen anpassen zu lassen. Unter dem Druckschreiber befand sich noch ein durch einen Elektromagnet getriebener Zeitschreiber, welcher die Dauer von je zwei Secunden markirte.

Ich lasse nunmehr einige Versuche als Beispiele folgen. D bezeichnet den Mitteldruck, P die Pulszahl.

III. Hund von 7·02 Kilo. Rechte Art. cruralis mit dem Manometer verbunden, linke V. jugularis zur Injection vorbereitet. 5 procentige Lösung von ölsaurem Natron.

Zeit	D	P	Seife
12 Uhr 31 Min.	118 ^{mm} Hg	63	0·238 ^{grm} Seife
35 „	102 „	67—70	0·2 „ „
36 „	117 „	61	
40 „	65 „	96	0·2 „ „
41 „	91 „	67	
44 „	57 „	90	0·24 „ „
45 „	92 „	90	0·3 „ „
48 „	63 „	54	
49 „	108 „	40	
50 „	111 „	48	
55 „	112 „	30	0·24 „ „
56 „	42—24 „	30	
57 „	35 „	—	0·075 „ „
58 „	19 „	—	
58$^1/_2$ „	9 „	—	

Nach dem Herzstillstand noch fast 1 Minute lang seltene, tiefe, schnappende Athemzüge, im Ganzen sieben. 1 Uhr 1 Minute Thorax geöffnet. Herz exquisit diastolisch. Blut in den Lungenvenen und im linken Ventrikel hellroth.

Im Ganzen wurden innerhalb 23 Minuten 1·493 ^{grm} Seife = 0·21 ^{grm} pro Kilo Thier[1] eingespritzt. Da der Hund ($^1/_{13}$ des Körpergewichts =) 540 ^{grm} Blut enthielt, trat der Tod bei einem Seifengehalt des Blutes von 0·26 Procent ein.[2] Schon nach 0·438 ^{grm} = 0·06 ^{grm} p. K. Th. sinkt der

[1] Im Folgenden bedeutet: p. K. Th.: pro Kilo Thier.

[2] Unter der Annahme, dass die Seifen als solche im Blut bleiben.

Druck, aber nur momentan, zugleich steigt die Herzfrequenz vorübergehend an. Die Drucksteigerung beginnt alsbald, erreicht aber nicht mehr ganz die ursprüngliche Höhe. Nach noch 0·64^{grm}, im Ganzen 0·154^{grm} p. K. Th. sinkt der Druck momentan noch tiefer, fast bis auf die Hälfte des Anfangswerthes, erhebt sich aber schon in der folgenden Minute schnell fast bis zur ursprünglichen Höhe; zugleich werden die Herzschläge kräftiger, aber seltener. Wird nunmehr noch 0·24^{grm} nachgespritzt, so dass im Ganzen 0·19^{grm} p. K. Th. einverleibt ist, dann fällt der Druck um $^2/_3$ bis $^3/_4$ seines Werthes und erholt sich nicht mehr; zugleich werden die Herzschläge noch seltener, kaum halb so häufig als zu Anfang und arhythmisch. Nunmehr genügt eine ganz kleine Gabe, um das Herz zu lähmen und den Druck innerhalb $^1/_2$ Minute bis auf die Spannung des ruhenden Blutes herabzudrücken. Die Respiration überdauert den Herzstillstand noch um 1 Minute, während deren sieben tiefe schnappende Athemzüge erfolgen, daher nach Eröffnung des Brustkastens das in allen Abschnitten exquisit diastolische, ballonartig aufgetriebene Herz noch hellrothes Blut führt. Da man auf jede mechanische Reizung des Herzmuskels je eine Contraction auslösen kann, handelt es sich um eine Lähmung des nervösen Apparates, nicht um eine solche des Herzmuskels selbst.

V. Hund von 4·95 Kilo. Art. cruralis sin. mit Manometer verbunden, V. jugularis dextra zur Injection vorbereitet. 3·6 procentige lauwarme filtrirte Lösung von Sapo medicatus Ph. g.

1 Uhr 5 Min. P 126, D 109—123^{mm} Hg.
8 „ 0·1^{grm} Seife, in den ersten 4 Secunden 16 P, dann wieder in 10 Secunden 18 P. D 116.
10 „ 0·44^{grm} Seife. Jähes Absinken auf 31 D, momentaner Herzstillstand, erst nach 5 Secunden wieder ein Puls, dann arhythmische, nur schwach in der Druckcurve angedeutete P. Erst nach 56 Secunden
11 „ erfolgen wieder einige deutliche P, unter Ansteigen von D. 9 P in 10 Sec., D 58, 20 Respirationen.
12 „ 126 sehr kleine P, systolische Drucksteigerung von 6^{mm} Hg.
14 „ Völlige Erholung. D 98, P 118.
16 „ 0·144^{grm} Seife. Sofort sinkt P auf 11 in 10 Sec, und in $^1/_2$ Min. P 69. Nach 20 Sec. wieder D 99, P 16 in 10 Sec.
18 „ 0·11^{grm} Seife. D 97, P 78.
19 „ 0·216^{grm} Seife. Sofort D 77, P 16 in 10 Sec., in $^1/_2$ Min. wieder D 96.
21 „ 0·18^{grm} Seife. Nach $^1/_2$ Min. wieder 0·18^{grm} Seife, nach noch $^1/_2$ Min. abermals
22 „ 0·18^{grm} Seife. D 74, P 72.
23 „ 0·216^{grm} Seife, momentanes Ansteigen auf 83 D, dann innerhalb $^1/_2$ Min. jäher Abfall auf 22 D, anfangs noch

		vereinzelte P, nun nicht mehr zu fühlen. Druckcurve läuft der Abscissenaxe fast parallel. 20 Sec. danach steigt D auf 48, 9 schwache P in 10 Sec.
1 Uhr 24 „	P	wieder unfühlbar und kaum an der Druckcurve sichtbar. In den nächsten 40 Sec. sinkt in Folge Herzstillstandes
25 „	D	auf 13, dann auf 7. Keine Pupillarreaction. Nach Herzstillstand noch bis
28 „		also durch 2 Min. 24 Sec. vereinzelte langsame, sehr tiefe Athemzüge, etwa 4 in der Min.

Der sofort geöffnete Brustkasten zeigt beide Ventrikel ausgesprochen diastolisch, prall mit hellrothem Blut gefüllt. Das aus dem Herzen wie der V. jugul. gewonnene Blut gerinnt erst nach 40 bis 50 Minuten, aber nur partiell und locker.

Im Ganzen waren bis zum Eintritt des Herzstillstandes innerhalb 20 Min. 1·766 grm Seife = 0·36 grm p. K. Th. erforderlich. Da der Hund etwa 380 grm Blut hatte, so trat der Tod bei einem Gehalt des Blutes an Seifen von 0·48 Procent ein. Bei 0·11 grm p. K. Th. sank der Druck jäh ab, ebenso die Herzfrequenz, um sich schon nach $^1/_2$ Min. zu erheben. Indess blieb die Energie der Herzcontraction geschädigt, wie aus dem geringen systolischen Druckzuwachs erhellt. Nun können innerhalb 6 Min. langsam noch 0·684 grm Seife (im Ganzen fast 0·25 grm p. K. Th.) eingeführt werden, ohne mehr als vorübergehend die Herzthätigkeit herabzusetzen; dagegen ist zu Ende dieser Periode der Druck erheblich niedriger (74 gegen 123), desgleichen die Herzfrequenz (72 gegen 128). Eine neue Injection von 0·216 grm Seife lässt den Druck jäh auf 22 mm Hg abfallen und in 1 Minute 20 Sec. steht das Herz still. Auch hier folgen dem Herzstillstand durch $2^1/_2$ Min. hindurch vereinzelte tiefe Athemzüge, ebenso ist das Herz diastolisch, prall mit hellrothem Blute gefüllt und mechanisch noch reizbar.

Da die bisherigen Versuche dem Einwand Raum gaben, es möchte die Natronseife deshalb so deletär wirken, weil die V. jugularis dem Herzen so nahe ist, dass die Seife in relativ hoher Concentration in's Herz gelangt, geschah bei den folgenden Versuchen die Injection in einen Ast der V. saphena oder cruralis.

VI. Hund von 16·7 Kilo. V. saphena sin. zur Injection vorbereitet. Zur Einspritzung diente eine 5 procentige, hauptsächlich aus ölsaurem Natron bestehende dunkelgelbe Seife. 0·1 grm Morph. mur. subcutan, nachher nur Aether.

12 Uhr 45 Min.	D 98—106	
46 „	90—102	1·0 grm Seife
47 „	98	
40 „	78	1·09 „ „
49 „	75	
51 „	56	0·5 „ „

12 Uhr 52 Min. D 54
53 „ 50 0·8 grm Seife
54 „ 42
56 „ 25 1·45 „ „
58 „ 24
59 „ 19 1·0 „ „
1 Uhr — „ D 13. Pupillen ad maximum dilatirt. Während $1^1/_4$ Min. kein Athemzug.
2—3 Min. 6 schnappende Athemzüge.
2 Min. D 8
5 „ Thorax geöffnet. Beide Ventrikel ballonartig aufgetrieben.

Das aus dem Herzen entnommene Blut ist noch nach 24 Stunden flüssig.

Bemerkenswerth an diesem Versuche erscheint, dass der Druckabfall bei den einzelnen Gaben nicht so beträchtlich ist und nicht so jäh erfolgt, dass aber dafür, in gewissem Gegensatz zu den früheren Versuchen, wo der jähe Abfall schon innerhalb einer halben Minute wich, hier die Drucksenkung eine definitive ist, die bei weiterem Zuwarten eher noch stärker wird. Nach 0.155 grm p. K. Th. ist der Druck auf die Hälfte seines Anfangswerthes heruntergegangen, nach 0·29 grm p. K. Th. sogar auf $^1/_4$, aber erst mehr als 0·3 grm p. K. Th., in refracta dosi innerhalb 14 Minuten einverleibt (Seifengehalt im Blut = 0·453 Procent), erzeugt Herzstillstand und lange Athempause; $1^1/_4$ Minute nach dem Herztode beginnen wieder einzelne schnappende Athemzüge, noch 1 Minute später kommt auch die Athmung zum Stillstand.

VIII. Hund von 2·85 Kilo, hat zwei Tage lang gehungert, bekommt erst Morph. mur. 0·025 grm subcutan, dann Aether. Druck in Art. crur. dextra gemessen, Infusion in V. femor. sin. Zur Einspritzung eine $4^1/_2$ procentige leicht opalisirende Lösung von ölsaurem Natron.

Zeit	D		im Ganzen p. K. Th.
2 Uhr 2 Min.	82 mm Hg		
3 „	64 „	0·18 grm Seife	0·06 grm Seife
4 „	80 „		
5 „	74—72 „	0·225 „ „	0·14 „ „
8 „	62 „	0·225 „ „	0·22 „ „
9 „	72 „		
10 „	59 „	0·225 „ „	0·3 „ „
11 „	40 „	Kein Herzschlag, keine Athmung. Pupillen sehr weit.	
12 „	28 „	Nach 36 Sec. beginnen wieder Athembewegungen bis	
14 „	18 „	im Ganzen noch 4 Athemzüge.	
24 „	Brusthöhle eröffnet. Alle Herzabschnitte in Diastole, Blut hellroth.		

Nach 0·14 grm Seife p. K. Th. sinkt der Druck definitiv, bleibt um $^1/_8$ unter dem Anfangswerth stehen und hält sich auf dieser Höhe noch bis zu 0·22 grm p. K. Th. Erst als in getheilter Gabe innerhalb

9 Minuten seit Beginn der Injection die eingeführte Seifenmenge auf 0·3 grm p. K. Th. angestiegen ist, sinkt der Druck sofort auf 59 mm Hg, in der nächsten Minute bis auf 40, weiter auf 28, auf 18 und schliesslich bis auf die Spannung des ruhenden Blutes; seit dem Herzstillstande sind bereits 2 Minuten verflossen. Dieses Absinken erfolgt nicht jäh, sondern verhältnissmässig langsam innerhalb 4 Minuten. Schon bei 28 mm Hg waren in der Druckcurve keine systolischen Elevationen mehr zu erkennen. Zugleich mit dem Herzen steht auch die Athmung still, letztere aber nicht definitiv, nach 36 Secunden beginnen wieder ausserordentlich langsame und tiefe schnappende Athemzüge, nur noch 4 innerhalb der nächsten 2 Minuten.

XV. Schwarzer Pudel, 13·1 Kilo, erhält 0·1 grm Morph. mur., dann Aether-Chloroform. Harte Natronseife aus Rindstalg, in 3 procentiger Lösung lauwarm in V. femor. sin. eingespritzt.

			injicirt	im Ganzen p. K. Th.
12 Uhr 43	Min.	D 92—102 mm Hg	0·98 grm Seife	0·075 grm
45	„	schnelles Absinken auf 48 D, 9 Secunden langer Herzstillstand,		
46	„	weiteres Sinken bis auf 22, wieder secundenlanger Herzstillstand, langsame Erholung,		
47	„	bis auf 58 D. Abermals lange Diastole, D sinkt bis auf 31,		
48	„	erholt sich allmählich bis auf 63 und		
49	„	bis auf 80.		
50	„	Injicirt 1·08 grm Seife, 0·157 grm p. K. Th. Sofortiges Sinken auf 30 und bei secundenlangem Herzstillstand		
51	„	bis auf 21, allmähliche Erholung, zuerst unter langen		
52	„	Diastolen, dann unter zunehmender Herzfrequenz bis 36, wieder Sinken		
53	„	bis auf 23, langsames Ansteigen		
55	„	auf 49, Wiederabsinken auf 21,		
56	„	langsames Ansteigen auf 51, Absinken auf 30.		
57	„	Pupillen ad maximum weit, reactionslos. Vorübergehend D auf 36,		
58	„	Absinken auf 31 und		
59	„	bis auf 14, Anstieg auf 36 bei häufigen Herzschlägen, schnelles Absinken auf 30 und		
1 Uhr —	„	auf 16, Herzstillstand		
1	„	D 10.		

Von 12 Uhr 57 Min. bis 1 Uhr 3 Min. langsame, seltene, aber tiefe Athemzüge, vorübergehend frequenter. 2 Min. nach Herzstillstand frequente dyspnoische Athmung bei cyanotischer Zungenfärbung.

1 Uhr 3 Min. Athemstillstand.

Der Versuch ist nach mehrfacher Richtung von Interesse. Zunächst erfolgte schon nach 0·075 grm p. K. Th. ein jähes Absinken des Blutdruckes,

unter secundenlangem Herzstillstand, fast bis zur Spannung des ruhenden Blutes. Und wenn auch innerhalb der nächsten 2 Minuten die Herzthätigkeit sich wieder erholte und den Druck bis über $^2/_3$ des Anfangswerthes in die Höhe trieb, so war das doch nur vorübergehend, noch einmal trat ein 8 Secunden langer Herzstillstand und Abfall des Druckes bis auf 28, erst im Verlaufe weiterer 2 Minuten völlige Erholung des Herzens unter Ansteigen des Druckes bis auf seine ursprüngliche Höhe ein. Wurde nunmehr eine etwa gleich grosse Seifengabe eingespritzt, so trat abermals secundenlanger Herzstillstand und innerhalb einer Minute Absinken des Druckes bis fast auf die Spannung des ruhenden Blutes ein, ganz langsam erholte sich unter intercurrenten secundenlangen Diastolen die Herzthätigkeit und so zog sich das Spiel von abwechselndem Herzstillstand und vorübergehender, nur für 10 bis 20 Secunden anhaltender Herzthätigkeit hin, bis 7 Minuten nach der letzten Injection, obwohl das Herz noch schlug und der Druck noch 36 ^{mm} Hg betrug, die Pupillen ad maximum erweitert und reactionslos wurden. Diesem signum mali ominis entsprechend sank die Herzthätigkeit, obwohl noch einmal für ganz kurze Zeit frequente, niedrige Pulsationen auftraten, innerhalb 2 Minuten bis auf Null und der Druck auf 10 ^{mm} Hg ab. Auch hier folgten dem Herzstillstande noch eine Reihe von Respirationen nach.

Diese aus Rindstalg hergestellte palmitin- und besonders stearinsäurereiche Seife erzeugte schon schwere, 3 Minuten lang anhaltende Herzwirkungen in Gaben, in denen ölsäurereiche Seifen kaum oder nur für Bruchtheile einer Minute die Herzthätigkeit schädigen. Auch nach völliger Erholung von der ersten kleinen Gabe griff eine neue, nur wenig grössere Einspritzung das Herz noch schwerer an, so dass unter stetigem Wechsel von secundenlangem Herzstillstand und Wiedererwachen schwacher Herzthätigkeit und, Hand in Hand damit gehend, unter rapidem Absinken des Blutdruckes bezw. langsamen Wiederansteigen sich schliesslich Herzlähmung ausbildete. Die in Folge dieses, durch 7 Minuten sich hinziehenden, wechselnden Erlöschens und langsamen Wiederaufflackerns der Herzthätigkeit hochgradig geschädigte Circulation genügte offenbar nicht mehr, um dem Gehirn genügend Blut zuzuführen, daher schon zu einer Zeit, wo der Druck noch 36 ^{mm} Hg betrug, die Pupillen ad maximum weit und reactionslos wurden. Lag schon die Dosis toxica hier sehr viel niedriger, als bei den weichen, ölsäurereichen Seifen, so ist dies vollends bei der Dosis lethalis der Fall; schon nach Einverleibung von 0.157 ^{grm} dieser harten Seife p. K. Th. und bei einem Gehalt des Blutes an Seifen von nur 0.206 Procent trat nach längerem Kampfe Herzstillstand ein, der bei einer weichen Seife günstigsten Falls bei einer um mindestens $^1/_4$ grösseren und in der Mehrzahl der Fälle sogar erst bei einer um über die Hälfte grösseren

Gabe einzutreten pflegt. Da ferner in einem anderen Versuch der Tod bei einem noch grösseren Hunde schon bei einer Gabe von knapp $0 \cdot 2^{grm}$ p. K. Th. eintrat, so stehe ich nicht an, die harten palmitin- und stearinsäurereichen Seifen für giftiger zu erklären, als die weichen ölsäurereichen Seifen. Da die Palmitinsäure $C_{16}H_{32}O_2$ und die Stearinsäure $C_{18}H_{36}O_2$ doppelt so viel H- als C-Atome enthalten, die Oelsäure $C_{18}H_{34}O_2$ aber eine H-ärmere Verbindung vorstellt, so würde man auch sagen können: die wasserstoffreicheren Fettsäuren wirken als Alkalisalze toxischer als die wasserstoffärmeren, sog. ungesättigten.

Konnte schon nach allen bisherigen Beobachtungen es fast als sicher gelten, dass die Natronseifen ihre Herzwirkung durch Herabsetzung der Erregbarkeit und schliessliche Lähmung der intracardialen excito-motorischen Herzganglien entfalten, um so mehr als das Absinken des Blutdruckes zumeist mit einer Abnahme der Frequenz und der Contractionsenergie des Herzens einherging, so war es doch wünschenswerth, zu zeigen, dass das regulatorische Nervensystem, das Herzhemmungscentrum in der Med. oblong., daran unbetheiligt ist. Darüber musste man sofort klar sehen, wenn man die Impulse, welche sich von diesem Centrum aus zum Herzen begeben, durch Durchschneidung der Nn. vagi ausschaltete.

XIX. Weisser Pudel, 12·9 Kilo. Erst $0 \cdot 09^{grm}$ Morph. mur., dann Aether-Chloroform. V. crural. sin. zur Injection einer $4^1/_2$ procentigen ölsauren Seifenlösung vorbereitet.

Zeit		
1 Uhr 30 Min.	Beide Vagi am Halse durchtrennt. Unmittelbar danach die charakteristische, langsame, dyspnoische Athmung.	
32 „	P 122, D 81	$1 \cdot 09^{grm}$ Seife
35 „	Vorübergehend sinkt D auf 54, steigt schnell	
36 „	auf 83—89. P 110.	
38 „	D 82—92. P 112.	0·35 „ „
39 „	D sinkt bis auf 65, steigt wieder bis auf 82—90.	0·675 „ „
41 „	D sinkt jäh auf 40 (dabei lautes Heulen), Wiederansteigen	0·71 „ „
42 „	auf 71—78 und	
43 „	auf 90	
44 „	D sinkt rapide auf 34,	0·945 „ „
45 „	weiter auf 25 und	
46 „	sogar auf 14. Kein Puls. Pupillen weit, reactionslos. Von jetzt ab, fast $2^1/_2$ Min. anhaltend, noch 8 schnappende Athemzüge mit krampfhafter Streckung des Kopfes, Aufsperren des Maules und kräftiger Hebung der Nasenflügel.	
50 „	Thorax geöffnet, Vorkammern und Kammern stillstehend, alle Herzabschnitte prall diastolisch. Auf jede mechanische Reizung reagirt das Herz mit je einer Pulsation.	

Die Wirkung der in's Blut gespritzten Natronseifen fällt auch nach Durchschneidung beider Vagi am Halse vollständig gleich aus. Zeigt sich auch schon bei 0·085 ^{grm} p. K. Th. eine Wirkung, so ist dieselbe doch sehr flüchtig; selbst eine Gesammtgabe von 0·22 p. K. Th. vermag nur ganz vorübergehend die Herzthätigkeit zu beeinträchtigen, so dass sich schliesslich der Druck wieder auf seinen Anfangswerth erhebt. Erst eine Gabe von 0·292 ^{grm} p. K. Th. (bei einem Seifengehalt im Blut von 0.38 Procent) bringt das Herz zum Stillstand; auch hier folgen noch einzelne Athembewegungen dem Herzstillstande nach, daher nach sofortiger Eröffnung des Brustkastens das Blut der Lungenvenen und der linken Herzhälfte noch hellroth ist.

Endlich ist noch eine Erfahrung bemerkenswerth. Ein Hund von 10·2 Kilo hatte in Folge eines Versehens zu viel Morphium bekommen, nämlich 0·12 ^{grm}; er verfiel in einen schlummersüchtigen Zustand, seine Herzthätigkeit wurde aber so schwach und unregelmässig, dass jede weitere Zuführung eines Anaestheticums höchst bedenklich erschien. Während der vorbereitenden Operationen reagirte der Hund sehr lebhaft theils durch Sträuben, theils durch Heulen. Nachdem er 0·13 ^{grm} Seife pro Kilo eingespritzt erhalten, wurde seine Herzthätigkeit zunächst zwar sehr intensiv geschädigt, erholte sich aber weiterhin wieder, so dass der anfangs bis 32 ^{mm} Hg abgesunkene Druck bis auf $^4/_5$ seines Anfangswerthes, der nur 79 ^{mm} Hg betragen hatte, anstieg; unmittelbar nach dem Einfliessen der letzten Seifengabe in's Blut erfolgte noch ein durchdringendes Heulen, dann aber wurde er still, reagirte nicht mehr, athmete tief und schnarchend, lag regungslos mit schlaffen Gliedern da, und so verhielt er sich bis zum Ende des Versuches, wo nach Einführung von (im Ganzen) 0·21 ^{grm} p. K. Th. (seit der ersten Injection waren 19 Minuten verflossen) Herzstillstand eintrat. Offenbar war die schon an sich bestehende Morphiumwirkung unter dem gleichzeitigen Einfluss der in's Blut eingespritzten Seifen in tiefe Narkose und Sopor übergegangen. Diese Erscheinung erinnert an eine ähnliche Wirkung des Peptons (Albumosen), welches, nach dem Funde Schmidt-Mülheim's[1] und dessen mehrfacher anderweitiger Bestätigung bei intravenöser Einführung ebenfalls den Blutdruck ausserordentlich stark herabsetzt und Narkose bewirkt, so dass die ohne jedes Narcoticum vorbereiteten, sich stark sträubenden und heulenden Thiere nunmehr ganz ruhig werden und jeden weiteren operativen Eingriff ohne Reaction überstehen. In der That sind nicht nur in Bezug auf die Drucksenkung und die Narkose, sondern auch noch in einem anderen Punkte, in der weiterhin zu behandelnden Verlangsamung der Blutgerinnung

---

[1] *Dies Archiv.* 1880. S. 33.

Analogien zwischen den in's Blut injicirten Seifen mit den auf gleichem Wege einverleibten Peptonen vorhanden; ich komme später noch einmal auf diesen Punkt zurück.

2. Wirkung der Seifen bei Einführung in die Pfortaderwurzeln.

Die Uebertragung der vorstehend mitgetheilten Beobachtungen auf die im Darm resorbirten Seifen war indess erst möglich, wenn sich nachweisen liess, dass auch die durch die Pfortaderwurzeln eintretenden Seifen, die, um in den allgemeinen Kreislauf zu gelangen, erst die Leber durchsetzen mussten, die nämliche Wirkung auf das Herz üben.

Zu diesem Zwecke wurde morphinisirten und weiter aetherisirten Hunden, deren Schenkelarterie mit dem Kymographion verbunden war, das Abdomen nur so weit eröffnet als erforderlich, um entweder die Milz hervorzuholen und eine Canüle in eine der austretenden Venen einzubinden oder eine Dünndarmschlinge herauszuziehen und in eines der arkadenartigen Mesenterialvenenästchen eine Canüle zu befestigen, durch welche die Seifeneinspritzung erfolgen sollte. Die Canüle wurde durch einen entsprechend langen Gummischlauch mit der die Seifenlösung enthaltenden Mariotte'schen Bürette verbunden, dann die Organe nebst Canüle und Schlauch reponirt und die Bauchwunde mittels federnder Klemmen geschlossen.

Ich theile drei Versuche dieser Art mit.

XI. Hund von 9·1 Kilo. Ast der V. lienalis zur Einspritzung einer $3^1/_2$ procentigen Seifenlösung vorbereitet; Milz reponirt.

Zeit	Beobachtung	Seife
1 Uhr 38 Min.	P 90, D 88.	
39 „	D sinkt auf 52, erholt sich innerhalb 30 Sec. bis auf 84.	0·112^{grm} Seife
40—50 Min.	in getheilter Gabe, pro Min. 0·175^{grm}. P vorübergehend 108, 102, dann constant 90, D 88—99.	1·925 „ „
51 Min. bis 2 Uhr,	pro Min. 0·175^{grm}, P 96—90 D 83—100.	1·575 „ „
2 Uhr 1—9 Min.,	pro Min. 0·175^{grm} P 78, D 72—80. Pause 6 Min., Arteriencanüle gewechselt.	1·4 „ „
15 Min.	P 72, D 48—56	0·5 „ „
16 „	P 60, sehr klein, D 40—44.	0·805 „ „
17 „	Puls nicht mehr fühlbar. D 35—41.	1·12 „ „
18 „	D 19—11. Herzschlag nicht erkennbar.	
19 „	Pupillen ad maximum weit und reactionslos.	
20 „	Letzter Athemzug.	
21 „	Thorax geöffnet. Alle Herzabschnitte prall diastolisch.	

Der Versuch ist ausserordentlich lehrreich. Die erste Seifeninjection hat zwar schon nach 10 Secunden, sobald die Seifen zum Herzen gelangt sind, die charakteristische Herzwirkung geübt — der Druck sank bis auf $^2/_3$ seines Anfangswerthes — aber nur momentan; noch innerhalb derselben Minute erholte sich das Herz vollkommen und auch die zunächst stark gesunkene Pulsfrequenz kehrte wieder zur Norm zurück. Während der folgenden 10 Minuten, während deren je 0·175 ^grm^ Seife eingeführt wurde, schwankte der Druck kaum, die Pulsfrequenz nur vorübergehend, und zwar unter Ansteigen, so dass Druck und Herzfrequenz sich noch intact erwiesen, als 11 Minuten nach Beginn der Injection bereits 0·213 ^grm^ Seife p. K. Th. durch die Pfortaderwurzel eingedrungen waren, eine Gabe, die vom allgemeinen Kreislauf aus schon definitives Absinken des Druckes und der Herzfrequenz bedingt. Dieser Zustand erhielt sich auch unverändert, als 21 Minuten nach dem Beginn der Einspritzung im Ganzen 0·385 ^grm^ Seife p. K. Th. einverleibt war, eine Gabe, welche von der Körpervene aus fast ausnahmslos tödtlich wirkt. Die in den nächsten 9 Minuten injicirten 1·4 ^grm^ Seife erzeugten eine schwache Herzwirkung, der Druck ging auf 72 bis 80 ^mm^ Hg, also gegen den Anfangswerth um $^1/_7$ herab, die Herzfrequenz von 90 auf 87. Selbst eine Dose von 0·54 ^grm^ p. K. Th. bewirkt von der Pfortaderwurzel aus ein nur so winziges definitives Absinken des Druckes und der Herzfrequenz, als dies von der Körpervene her etwa bei 0·18 ^grm^ der Fall ist. Erst als weiterhin die Injectionsmenge pro Minute auf das 3—7 fache gesteigert wurde, so dass innerhalb 3 Minuten 2.425 ^grm^ Seife in's Blut gelangten und die gesammte einverleibte Menge 0·806 ^grm^ p. K. Th. betrug, sank die Herzfrequenz und der Druck; innerhalb 4 Minuten kam es zum Herzstillstande. *Offenbar übt also die Leber einen die Giftwirkung abschwächenden Einfluss*, so dass die durch eine der Pfortaderwurzeln einverleibte Seifenmenge, die, um in den allgemeinen Kreislauf zu gelangen, die Leber passiren muss, nun einer $2^1/_2$ bis 3 mal so grossen Dose bedarf, um toxisch bezw. lethal zu wirken.

XIII. Hund von 7 Kilo. Injection einer 4 procentigen Seifenlösung in ein Aestchen der V. meseraica einer Dünndarmschlinge.

1 Uhr — Min.	D 77—86	
4—5 Min.	D sinkt auf 60, weiter auf 48, erholt sich wieder auf 66—72.	2·1 ^grm^ Seife
9—10 Min.	D sinkt auf 48, 42, 37, erhebt sich wieder auf 48 u.	2·1 „ „
14 Min.	auf 61—65.	
16—$17^1/_2$ Min.	D 38	2·1 „ „
18 Min.	D 27	
23 Min.	D 20. Herzschlag nicht mehr fühlbar.	
25 Min.	D 10	
26 Min.	Letzte Athmung.	

In diesem Versuch, bei dem die Einspritzung recht grosser Dosen sich nur über 13 Minuten erstreckte, betrug nach der innerhalb 2 Minuten vollzogenen Einführung von 0·3 ^{grm} p. K. Th., einer Gabe, die von der Körpervene ausnahmslos Absinken des Druckes auf $^1/_2$ bis $^1/_3$ des Anfangswerthes, häufig sogar schon den Herztod zur Folge hat, die Einbusse des arteriellen Druckes kaum $^1/_7$ des Anfangswerthes und bei Wiederholung der Gabe von 0·3 ^{grm} p. K. Th. gar nur noch 7 ^{mm} Hg. Lässt man nach kurzer Pause nochmals 0·3 ^{grm} p. K. Th. folgen, so dass innerhalb 13 Minuten 0·9 ^{grm} p. K. Th. eingeflossen sind, so sinkt innerhalb der nächsten 8 Minuten der Druck stetig bis auf 10 ^{mm} Hg herab, unter Aufhören den Herzpulsationen; auch hier folgen noch vereinzelte schnappende Athemzüge dem Herzstillstande nach.

XXI. Hund von 7·4 Kilo. Eine kleine Darmvene zur Injection einer 5 procentigen Lösung von ölsaurem Natron vorbereitet.

12 Uhr	54 Min.	D 88—96	
	56 „	D 93—99	0·6 ^{grm} Seife
	59 „ bis 1 Uhr 1 Min.	D 89—95	1·0 „ „
1 „	5—11 Min.	D 82—87	2·0 „ „
	13—16 Min.	D 81—86	2·0 „ „
	18 Min.	D 88—92	1·0 „ „
	20 „	D 65, nach 13 Sec. 83—87. Tiefe Narkose. Schnarchende Athmung	1·0 „ „
	25 „	D 76—80	0·7 „ „
	33 „	D 76—80	1·0 „ „
	37 „	D 50—48	1·0 „ „
	38 „	D 20	1·0 „ „
	40 „	D 14, Herzschlag nicht mehr fühlbar. Pupillen äusserst weit. Schnappende Athemzüge, etwa 5 pro Min., überdauern den Herzschlag bis	
	42 „	41 Sec., letzte Athmung.	
	45 „	Thorax geöffnet. Beide Kammern stark gefüllt, linke stärker als rechte. Blut der linken hellroth.	

Der Versuch ist, im Vergleich mit den vorhergehenden, sehr instructiv. Hier vergingen von der ersten Seifeninjection bis zu der letzten, welche herzlähmend wirkte, im Ganzen 42 Minuten, während deren die intravenöse Einführung in getheilter Gabe erfolgte. Selbst 0·2 ^{grm} p. K. Th., innerhalb 5 Minuten beigebracht, vermochte den Druck nicht herabzusetzen; erst bei einer Gesammtgabe von 0·5 ^{grm} p. K. Th., innerhalb 15 Minuten eingebracht, sank der Druck nur um $^1/_8$ des Anfangswerthes und hielt sich auf dieser Höhe noch, als durch weitere Injection die Seifenmenge 0·76 ^{grm} p. K. Th. betrug; ja, ungeachtet weiterer Einführung, obwohl das innerhalb 22 Minuten injicirte Quantum sogar 0.89 ^{grm} p. K. Th. betrug, erholte sich

die Herzthätigkeit unter Ansteigen des Druckes, so dass eine Druckeinbusse kaum noch merklich war. Oder mit anderen Worten: während eine Gabe von 0·3 ^{grm} p. K. Th., selbst wenn sich ihre Injection über 20 Minuten hinzieht, den Druck allermindestens auf $^1/_2$ bis $^1/_3$ seiner ursprünglichen Höhe herabsetzt, ja ihn sogar häufig bis auf die Spannung des ruhenden Blutes absinken lässt, erweist sich die protrahirte intravenöse Einführung in eine der Pfortaderwurzeln kaum, wenigstens kaum definitiv schädlich, der Druck stellte sich nur wenig unter den Anfangswerth ein. Erst als in Folge weiterer Injection die Seifenmenge auf 1.03 ^{grm} p. K. Th. anstieg, sank der Druck momentan um $^1/_4$, erholte sich aber noch in derselben Minute, so dass der definitive Druckverlust nur $^1/_{15}$ betrug. Zugleich entfalteten die Seifen ihre charakteristische narkotische Wirkung: während vorher der Hund noch reagirte und winselte, lag er nun regungslos mit schlaffen Gliedmaassen und mit schnarchender Athmung da. Es erscheint diese Beobachtung von einigem Interesse, weil hier die Narkose eintrat, ohne dass zuvor der Druck wiederholt oder tief abgesunken war, ohne dass man also dafür schwere Circulationsstörungen im Gehirn verantwortlich machen könnte. Weitere Steigerung der Seifengabe erwies sich nun deletär: bei einer Gesammtmenge von 1·1 ^{grm} Seife p. K. Th. sank der Druck um $^1/_7$ des Anfangswerthes ab und hielt sich auf dieser Höhe noch bei 1·26 ^{grm} p. K. Th. Erst als in Folge fortgesetzter Injectionen innerhalb 40 Minuten 1.39 ^{grm} p. K. Th. einverleibt waren, sank der Druck rapide auf 50 bis 48, in der folgenden Minute auf 20 und in der nächstfolgenden, unter Sistiren des Herzschlages, der Pupillarreaction und des reflectorischen Lidschlages, bis auf 14 ^{mm} Hg, die Spannung des ruhenden Blutes. Auch hier überdauerten im Ganzen 13 Athemzüge den Herzstillstand.

Aus diesen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass von den mit dem Pfortaderblut eintretenden Seifen die Leber einen grossen Theil zurückhält oder chemisch umwandelt, daher nur ein Bruchtheil derselben in den allgemeinen Kreislauf gelangt, so dass die Wirkung auf das Herz eine nur mässige ist. Wird aber durch sehr schnelle Injection innerhalb weniger Minuten die Leber mit Seifen überschwemmt, so geht ein mehr oder weniger grosser Antheil unverändert durch; aber dass auch hier ein nicht unerheblicher Antheil in der Leber zurückgehalten wird, erhellt daraus, dass die Herzlähmung nunmehr erst bei $2^1/_2$ bis 5mal so grossen Gaben eintritt, als wenn man in eine Körpervene injicirt.

Es ist hier am Platze, gelegentliche Beobachtungen zu erwähnen, welche ich bei den zuletzt geschilderten Versuchen über den Blutdruck in der Pfortader bezw. deren Wurzeln machen konnte. Bei der Schwierigkeit, an die Pfortader selbst heranzukommen, ist es begreiflich, dass nur

wenige Bestimmungen über die Höhe des Blutdruckes im Pfortaderblut vorliegen. v. Basch[1] fand in einer Reihe von Beobachtungen an Hunden mit, wie es scheint, durchschnittenen Nn. splanchnici ihn in den Grenzen von 7 bis 16 ^{mm} Hg schwanken. Heidenhain[2] fand (in noch nicht weiter veröffentlichen Versuchen) bei gleichzeitiger Messung des Gallendruckes und des Blutdruckes in einem Zweige der V. mesenter. sup. bei Hunden den Pfortaderdruck = 65 bis 90 ^{mm} einer Sodalösung. Nimmt man an, dass die Sodalösung, wie gewöhnlich bei kymographischen Versuchen, eine 20procentige, vom spec. Gew. 1·08 war, so entspricht dies einem Drucke von 70 bis 97 ^{mm} Wasser oder 5·2 bis 7·2 ^{mm} Hg.

Meine Beobachtungen sind in einer anderen Weise angestellt. Führt man in einen Ast der V. mesenter. an einer beliebigen Darmschlinge eine Canüle ein und verbindet dieselbe mit einer z. B. Seifenlösung führenden Bürette, so ist es klar, dass nur so lange die Lösung in die Vene einlaufen wird, als der Druck, gemessen durch eine Säule, deren Höhe der Erhebung des Niveaus der Seifenlösung über das Niveau des Blutgefässes entspricht, grösser ist als der zeitige Druck des im Blutgefäss selbst strömenden Blutes. Communicirt nun die Venencanüle durch einen entsprechend langen Schlauch mit der Bürette, so kann man durch vorsichtiges Heben und Senken der an einem Stativ fixirten Bürette die Stellung ausprobiren, bei der eben keine Seifenlösung mehr in die Vene eindringt. Erhebt man nun die Bürette ein klein wenig, so fliesst Seifenlösung so lange ein, bis das Niveau derselben so weit gesunken ist, dass nunmehr der Druck der Seifenlösung dem Blutdruck die Wage hält; senkt man wiederum die Bürette ein wenig, so wird der Flüssigkeitsdruck entsprechend kleiner und nun fliesst umgekehrt so lange Blut aus der Vene in den Kautschukschlauch, bis der Blutdruck so weit gesunken ist, dass er dem Druck der durch das ausgeflossene Blut gehobenen Seifenlösung genau gleich ist. In zwei so ausgeführten Versuchen, wobei eine 5procentige (ölsaure) Seifenlösung vom spec. Gew. 1·011 zur Einspritzung verwandt wurde, sah ich einmal den Seifeneinfluss sistiren, als das Niveau der Seifenlösung sich 35 bis 37 ^{cm} über demjenigen der V. mesent. befand, ein anderes Mal sogar erst bei einer Erhebung von 39 bis 40 ^{cm}. Also ist der Blutdruck in einer der Pfortaderwurzeln dem Druck einer Seifenlösung von 35 bis 40 ^{cm} Höhe aequivalent, d. h. einem Druck von 350 bis 400 $\times$ 1·011 = 354 bis 404 ^{mm} Wasser oder 26 bis 30 ^{mm} Hg. Selbstverständlich wurden diese Bestimmungen zu einer Zeit ausgeführt, als der arterielle Druck durch die Seifeninjection noch nicht geschädigt war.

---

[1] *Arbeiten der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1875. S. 27.

[2] Vergl. dessen „Physiologie der Absonderungsvorgänge“ in L. Hermann's *Handbuch der Physiologie.* Bd. V. 1. Thl. S. 269.

3. Gerinnungshemmende und narkotisirende Wirkung der Seifen.

Gleich in den ersten Versuchen war es aufgefallen, dass, während bei anderen intravenös eingeführten Stoffen es nicht selten, zumal wenn die Einspritzung sich längere Zeit hinzieht oder zu lange Pausen zwischen den einzelnen Injectionen gemacht werden, das Blut in der Canüle gerinnt, hier nichts davon in die Erscheinung trat. Auch in Versuchen, in denen seit der Freilegung der Vene bis zum Eintritt des Herzstillstandes $1^1/_2$ Stunden und darüber vergingen, störte niemals eine Blutgerinnung, wofern nicht zu lange Zeit bis zum Beginn der Seifeninjection verstrich. In der That zeigte es sich, dass die in's Blut eingebrachten Seifen auch eine Verlangsamung der Blutgerinnung zur Folge haben. Wird durch schnell aufeinander folgende Injection kleiner oder mittlerer Gaben in eine Körpervene im Verlauf von 13 bis 20 Minuten Herztod herbeigeführt, so erfolgt die Gerinnung des (jeder beliebigen Vene oder Arterie entnommenen) Blutes ausserhalb der lebenden Gefässe erst etwa nach $^1/_2$ bis 1 Stunde und das Gerinnsel selbst ist spärlich und locker. Zieht sich die Seifeneinspritzung bis zum Tode längere Zeit hin, so beginnt die Blutgerinnung erst zwischen der 7. und 24. Stunde und auch dann nur partiär. Werden durch die Pfortaderwurzeln so grosse Gaben in kurzer Zeit eingeführt, dass das Thier ungeachtet des bis zu einem gewissen Grade entgiftenden Einflusses der Leber doch schliesslich die todbringende Herzlähmung erleidet, so ist das Blut selbst ausserhalb des Körpers manchmal noch nach 2 Tagen und darüber flüssig. Nur ein einziges Mal sah ich die gerinnungshemmende Wirkung der in's Blut eingeführten Seifen ausbleiben. Hier trat fast genau in der beim Hundeblut üblichen Zeit, 5 bis 10 Minuten nach dem Herauslassen aus dem lebenden Gefäss, die Blutgerinnung ein und unterschied sich weder nach Umfang noch nach Consistenz von der Norm. Nachdem in Hinsicht auf die Ursache des analogen gerinnungshemmenden oder -verzögernden Einflusses seitens des in die Blutbahn eingespritzten Peptons die mühsamen Untersuchungen von Fano[1] zu keinem greifbaren Resultate geführt haben, glaubte ich auf die weitere Verfolgung dieser Frage um so mehr verzichten zu sollen, als die Lehre von der Blutgerinnung sich in neuerer Zeit immer verwickelter gestaltet hat.

Auch die narkotisirende Wirkung, welche von einer gewissen Grösse der Gaben an die in's Blut direct eingeführten Seifen zur Folge haben, eingehender zu studiren, erschien wenig lohnend. Dass sie erst ganz gelegentlich beobachtet worden ist, kann nicht Wunder nehmen, da, um keine Störung durch stetige Aenderung der Athem- und Herzthätigkeit

---

[1] *Dies Archiv.* 1881. S. 277.

seitens der sich sträubenden Thiere zu erfahren, an Hunden, welche durch subcutane Injection von Morphium betäubt wurden und danach noch Aether oder Aether-Chloroform inhalirten, experimentirt wurde. Immerhin war doch diese Wirkung so ausgesprochen, dass sie regelmässig in die Erscheinung trat, sobald die Narkose nicht tief war und nicht zu kleine Seifengaben in schneller Folge eingeführt wurden. Mit dem definitiven Absinken des Blutdruckes wurden selbst die Hunde, welche die vorbereitenden operativen Eingriffe ohne wesentliche Reaction überstanden hatten, für ganz kurze Zeit unruhig, heulten oder winselten zuweilen, dann wurden sie auffallend ruhig, ab und zu ging damit eine schnarchende Respiration Hand in Hand, zugleich wurden die Gliedmaassen schlaff und widerstandslos.

Was die Ursache dieser narkoseartigen Wirkung anlangt, so war, zumal im Anschluss an den oben berichteten Versuch (S. 126), in welchem bei arhythmischer Herzthätigkeit diese Wirkung zuerst beobachtet worden ist, zu vermuthen, dass durch das Absinken des Blutdruckes auf unter die Hälfte der ursprünglichen Höhe, obwohl weiterhin wieder Erholung eintrat und der Druck sich bis auf $^4/_5$ der Anfangsgrösse erhob, die Circulation im Hirn schwer geschädigt und dadurch eine Herabsetzung der Erregbarkeit der nervösen Hirnsubstanz bedingt wurde. Ist es doch genügend bekannt, wie empfindlich gerade die graue Substanz gegen Störungen oder gar Vorenthaltung der Blutzufuhr ist.

Diese Deutung wird durch andere Versuche gestützt, in denen gleichfalls nach wiederholtem, wenn auch nur vorübergehendem, schnellen Absinken des Druckes jene narkotische Wirkung beobachtet worden ist. Dass diese Deutung indess nicht für alle Fälle zutrifft, ergiebt sich aus anderen Versuchen, von denen Versuch XXI (S. 129) ein Beispiel liefert. Hier wurde in eine der Pfortaderwurzeln in getheilter Gabe und in langsamem Strome innerhalb 22 Minuten Seifenlösung einfliessen gelassen, bis zu 0·89 ^{grm} p. K. Th., und entsprechend der langsamen Einführung und des gleichsam entgiftenden Einflusses der Leber erwies sich der Mitteldruck kaum abgesunken; nicht einmal ein vorübergehender Druckabfall war bis dahin erfolgt. Erst als nun bei Fortsetzung der Injection die eingeführte Seifenmenge auf über 1 ^{grm} p. K. Th. anstieg, fiel der Druck um $^1/_4$ seiner Grösse, erholte sich aber schon innerhalb 12 Secunden bis fast zu seinem ursprünglichen Werth; trotzdem begann nun tiefe Narkose, von schnarchender Athmung begleitet. Da durch diesen einmaligen, nur kurzdauernden und an sich nicht sehr beträchtlichen Druckabfall die Hirncirculation nicht so gestört worden sein kann, um die Erregbarkeit des Gehirns rapide bis zum Eintritt von Narkose sinken zu lassen, so legt diese Beobachtung es vielmehr nahe, die narkoseartige Wirkung zum Theil als Folge directer Herabsetzung der Erregbarkeit der grauen Hirnsubstanz durch die im Blute

kreisenden Seifen anzusehen, etwa vergleichbar der ähnlichen, die Erregbarkeit herabsetzenden und schliesslich lähmenden Einwirkung der Seifen auf die intracardialen Ganglien. Diese Herabsetzung der Erregbarkeit tritt ein, wenn die Seifen im strömenden Blute eine gewisse Concentration erreicht haben, und sie wird ihrerseits gefördert durch die gleichzeitige Beeinträchtigung der Herzthätigkeit und des Blutdruckes, wodurch die Blutzufuhr zum Hirn und dessen Erregbarkeit geschädigt wird.

4. Vergleich der Seifen- mit der Peptonwirkung.

Die geschilderten Erscheinungen der in's Blut direct eingeführten, klar gelösten Natronseifen: Abnahme der Energie der Herzthätigkeit bis zum schliesslichen Herzstillstand, damit Hand in Hand gehend ein proportionales Absinken des arteriellen Blutdrucks, Verlangsamung der Blutgerinnung und eine narkoseartige Wirkung lassen Analogien in den toxischen Erscheinungen zwischen in das Blut eingeführten Seifen und Peptonen vermuthen. Denn wie zuerst Schmidt-Mülheim[1] im Leipziger physiologischen Institut gefunden, hat Pepton, d. h. das Gemisch der Verdauungsproducte des Eiweiss durch Magensaft, das nach der ihm angegebenen Eisenfällungsmethode, wie wir jetzt wissen, nur unvollständig von den Albumosen (Propepton) befreit wird, bei seiner directen Einspritzung in die Blutbahn zu $0 \cdot 3^{\text{grm}}$ p. K. Th. ebenfalls ein starkes Absinken des Blutdruckes, unter Umständen bis zur Spannung des ruhenden Blutes, zugleich einen narkoseartigen, soporösen Zustand und eine Verlangsamung der Blutgerinnung zur Folge. Es erschien daher von Interesse, zu prüfen, in wie weit die Seifen, welche ebenfalls einen Theil der Verdauungsproducte der Fette im Körper darstellen, in Hinsicht auf ihre Wirkung bei intravenöser Einführung mit den Verdauungsproducten des Eiweiss, den sogenannten Peptonen, Uebereinstimmung zeigen.

So gross auch nach den oben geschilderten übereinstimmenden Symptomen die Analogie zwischen der toxischen Wirkung der Seifen und der Peptone zu sein scheint, so ist sie doch thatsächlich nur gering. Einmal hat schon Schmidt-Mülheim[2] nachgewiesen, dass der jähe Abfall des Blutdruckes in Folge von Peptoneinführung nicht auf einer Herzwirkung beruht, sondern die Folge der Herabsetzung bezw. Lähmung des Gefässtonus ist. In Folge der Erweiterung der kleinen Arterien und der Venen, insbesondere in Folge der Ueberfüllung des Pfortaderkreislaufes, sinkt der arterielle Blutdruck, und mit der dadurch bedingten Störung der Hirncir-

[1] *Dies Archiv.* 1880. S. 33.

[2] A. a. O. S. 54.

culation bringt Schmidt die narkotische Wirkung in ursächlichen Zusammenhang. Fano[1] hat ebenfalls in der Leipziger physiologischen Anstalt das Verhalten des Peptons gegen Blut und Lymphe genauer studirt und gefunden, erstens, dass die Gerinnungsverlangsamung bezw. Hemmung um so ausgesprochener ist, je früher nach der Peptoneinspritzung das Blut entzogen wird. Erfolgt aber die Blutentziehung erst längere Zeit, 1 bis 3 Stunden danach, so gerinnt das Blut ebenso schnell und ebenso fest, also büsst das circulirende Blut die durch die Peptoneinspritzung gewonnene Fähigkeit, flüssig zu bleiben, weiterhin wieder ein. Weiter fand Fano die Pankreaspeptone ganz ohne Einfluss auf die Gerinnbarkeit. Die eingehenden Untersuchungen seitens Kühne[2] und Pollitzer lehrten, dass alle Albumosen und die Peptone, zu je 0·3 ^{grm} p. K. Th. intravenös eingeführt, ausgesprochene Narkose und jähes Absinken des Blutdruckes bewirken; dagegen machen nur Hetero- und Deuteroalbumose sowie das als Witte's Pepton käufliche Gemenge das Blut für längere oder kürzere Zeit gerinnungsunfähig.

Während beim Pepton das Blut um so länger flüssig bleibt, je schneller 0·3 ^{grm} p. K. Th. eingespritzt werden, war hier im Gegentheil, wie schon erwähnt, häufig die Verlangsamung der Gerinnbarkeit um so ausgesprochener, je längere Zeit vom Beginn der Einführung in den Körperkreislauf bis zum Tode verstrich. Eine Ausnahme hiervon sieht man nur zuweilen bei der Seifeninjection in das Pfortadergebiet; hier zeigte sich die auffälligste Verzögerung bezw. Hemmung der Gerinnbarkeit im Versuche XIII (S. 128), wo innerhalb 13 Minuten in 3 Gaben je 0·3 ^{grm} Seife p. K. Th. eingespritzt wurden; das danach entzogene Blut war noch am dritten Tage flüssig. Umgekehrt habe ich in einem anderen Versuche, XXI (S. 129), bei Einführung in eine der Pfortaderwurzeln, als bei langsamer Injection in getheilter Gabe der Tod erst 46 Minuten nach Beginn der Einspritzung eintrat, nachdem im Ganzen 1·39 ^{grm} Seife p. K. Th. eingeflossen waren, das nach dem Tode entzogene Blut nur kurze Zeit flüssig bleiben sehen; nach 40 bis 45 Minuten bildeten sich sparsame und lockere Gerinnsel.

So eingehend nun auch seitens der genannten Forscher die toxischen Peptonwirkungen verfolgt worden sind, so fehlt es doch an einer Untersuchung, welche darüber Aufschluss gäbe, ob bei Einspritzung in das Pfortadergebiet die Erscheinungen nach Qualität und Intensität nicht wesentlich modificirt sind. Da mir nach den an den Seifen gewonnenen Erfahrungen es von Belang erschien, die Wirkung des in die Pfortaderwurzeln eingeführten Peptons kennen zu lernen, so habe ich, zugleich um eine etwa

[1] *Dies Archiv.* 1881. S. 277.

[2] *Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg.* N. F. III. S. 286.

vorhandene Analogie mit den Seifen aufzudecken, diese Lücke auszufüllen gesucht.

Wie schon Fano festgestellt hat, entfaltet das als Witte's Pepton[1] käufliche Stoffgemenge ganz exquisit die druckherabsetzende und gerinnungverzögernde Wirkung. Zur Erzeugung letzterer bedarf es einer schnellen Einführung von 0·3 grm Pepton p. K. Th. Da nun Witte's Pepton nur knapp 40 Procent an Propepton (Albumosen) und Pepton enthält, so bedarf es davon einer Gabe von mindestens $^{10}/_{4} \times 0{\cdot}3 = 0{\cdot}75$ grm p. K. Th.

XXV. Hund von 7·92 Kilo, erhält 0·06 grm Morph. mur. Ast der V. lienalis zur Injection einer 10 procentigen Lösung von Witte's Pepton vorbereitet. Erforderlich von der Körpervene aus: 0·75 × 7·92 = 5·94 grm Witte's Pepton.

		V. lienalis.
2 Uhr 48 Min.	P 78 D 122 mm Hg	
50 „	D fällt sofort auf 88, dann auf 58. P 120	2·2 grm Peptonpraeparat
51 „	D 44—37	2·0 „ „
52 „	D 33	
54 „	D 31	1·6 „ „
56 „	D 30	
57 „	D 30—28 P 132	2·2 „ „
3 Uhr 5 „	D 30, systolische Elevationen minimal. Nun die V. jugul. zur Injection vorbereitet.	
		V. jugularis
6 „	D 31	2·1 grm Peptonpraeparat
8 „	D 30	2·1 „ „
10 „	D 30—28. 132 äusserst kleine Pulse	2·9 „ „
16 „	D 27 P 136	
22 „	D 26.	

XXII. Hund von 6·7 Kilo. Canüle in eine kleine Dünndarmvene eingeführt. Erforderlich von der Körpervene aus: 5·03 grm Witte's Pepton.

12 Uhr 31 Min.	D 116	P 84	
33 „	D 94	P 96	2·5 grm Peptonpraeparat
34 „	D 68	P 108	
35 „	D 52	P 112	
36 „	D 45	P 106	2·6 „ „
37 „	D 39	P 112	
38 „	D 34	P 124	2·5 „ „
39 „	D 32	P 124	
40 „	D 31	P 130	
41 „	D 29	P 130	
42 „	D 30	P 142	2·5 „ „
43 „	D 30	P 136	
44 „	D 29	P 130	

[1] Soweit mir bekannt, nach der Vorschrift von Adamkiewicz bereitet. Vergl. dessen *„Natur und Nährwerth des Peptons."* Berlin 1877.

Durch Einführung von Pepton in die Milzvene (Vers. XXV) war der Druck schon so weit als überhaupt möglich herabgesetzt worden, daher die weitere Einführung einer selbst noch mehr als ebenso grossen Gabe in die V. jugul. eine tiefere Drucksenkung nicht zu bewirken vermag. Die Versuche haben somit keinen Unterschied in Bezug auf die Drucksenkung ergeben, gleichviel ob man das Pepton in eine Vene des grossen Kreislaufes oder in das Pfortadergebiet einführt. Von der Pfortader aus bewirkt schon etwa 0·12 ^{grm} Pepton p. K. Th. innerhalb 2 Minuten einen jähen Druckabfall um $^1/_2 - ^2/_3$ der ursprünglichen Druckhöhe. Weitere Peptoninjection bis zu 0·6 ^{grm} p. K. Th. (Vers. XXII) vermag nur noch wenig stärker zu wirken. Damit ist aber auch die druckherabsetzende Wirkung des Peptons erschöpft. Führt man es nun direct in den grossen Kreislauf durch die V. jugul. ein, so beobachtet man kein wesentliches weiteres Absinken, selbst nicht, nachdem noch 0·33 ^{grm} p. K. Th., im Ganzen also 0·73 ^{grm} p. K. Th. injicirt sind (Vers. XXV). Auch unter Schmidt-Mülheim's mitgetheilten zwei Versuchen ist einer, in dem durch Pepton zwar eine beträchtliche Drucksenkung erzielt wurde, nicht aber so weit, dass der Tod eintrat.

Jedenfalls ist danach so viel sicher, dass beim Pepton von einem die Giftwirkung abschwächenden Einfluss der Leber nicht die Rede sein kann.

Bemerkenswerth ist ferner, dass, während bei den Seifen in Folge directer Einwirkung auf das excitomotorische Herznervensystem mit der Schwächung der Energie der Herzaction, wie sie sich ausser dem niederen arteriellen Druck auch noch durch den nunmehr geringeren systolischen Druckzuwachs zu erkennen giebt, zugleich auch die Frequenz absinkt, hier beim Pepton umgekehrt mit dem Sinken des Druckes die Pulszahl ansteigt, von 78 bezw. 84 bis auf 136 bezw. 130; auch hier sinkt die Contractionsenergie, daher nur die ganz schwachen pulsatorischen Erhebungen in der Druckcurve.

5. Schicksale der im Darm gebildeten und resorbirten Seifen.

Auf Grund der vorstehend geschilderten Erfahrungen erhebt sich zunächst die Frage: kann nicht auf der Höhe der Fettverdauung die Bildung der Seifen und deren Uebertritt in's Blut so umfangreich werden, dass danach, wenigstens andeutungsweise, solche Wirkungen auf Herz und Kreislauf auftreten, wie wir sie eben kennen gelernt haben?

Ebenso wie für das Pepton und die Albumosen, ist diese Frage auch für die Seifen zu verneinen. Denn gleichwie aus den Untersuchungen von Franz Hofmeister[1] und deren Bestätigungen und Erweiterungen seitens

[1] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. XIX. S. 1; — Bd. XX. S. 291.

Neumeister's[1] hervorgeht, enthält weder während der Eiweissverdauung noch nach Einführung von Albumosen oder Pepton in den Darm das Blut die geringsten Spuren von Pepton bezw. Albumosen; ebenso wenig enthält unter diesen Umständen der Chylus oder die Lymphe Pepton bezw. Albumosen. Daraus ergiebt sich mit zwingender Nothwendigkeit, dass die Albumosen und Peptone nicht als solche in die Abzugswege gelangen, durch welche sie weiterhin in den allgemeinen Kreislauf übergeführt werden, vielmehr erfahren sie zuvor, hauptsächlich in den Epithelzellen der Dünndarmzotten (Heidenhain), zum Theil vielleicht auch in den Lymphzellen der Darmschleimhaut eine Rückverwandlung in genuines, coagulables Eiweiss, daher, wie Neumeister bestimmt dargethan hat, nach reichlicher Fütterung mit Albumosen und Pepton das Pfortaderblut ebenfalls weder Pepton noch Albumosen enthält und folglich auch das arterielle Blut nichts davon enthalten kann.

Analog verhält es sich mit den in den Darm als solche eingeführten oder aus Fett gebildeten Seifen: auch von ihnen kann höchstens ein kleiner Bruchtheil als Seife in's Blut übertreten. Der bei weitem grössere Theil wird, gleichwie ich dies für die festen Fettsäuren bestimmt erwiesen habe,[2] unter Paarung mit Glycerin synthetisch zu Neutralfett umgebildet, das in die Darmlymphe übertritt und diese zu Chylus werden lässt. Diese Erfahrungen bezüglich der Fettsäuren sind erst ganz neuerdings wieder in der Leipziger physiologischen Anstalt seitens v. Walther[3] voll und ganz bestätigt worden. Auch nach Einführung reiner Seife[4] (Sapo medicatus Ph. G.) bei einem Hunde, der vorher 48 Stunden lang gehungert hatte, fand ich in der 5. Verdauungsstunde den Chylus milchweiss, nicht anders als dies nach Fütterung mit Fettsäuren der Fall ist,[5] und zwar war es feinster Fettstaub, welcher das chylöse Aussehen bedingte und sich bei der chemischen Untersuchung als fast ausschliesslich aus Neutralfett bestehend erwies. Demnach führt auch nach Seifenfütterung oder nach Injection von Seife in den Darm der Chylus reichlich emulgirtes Neutral-

---

[1] *Zeitschrift für Biologie.* Bd. XXIV. S. 272; — *Sitzungsberichte der Würzburger physik.-med. Gesellschaft.* 1889.

[2] Virchow's *Archiv.* Bd. LXXX. S. 10; — Bd. XCV. S. 407.

[3] *Dies Archiv.* 1890. S. 329.

[4] I. Munk, Virchow's *Archiv.* Bd. LXXX. S. 35.

[5] Ich muss auf diese Erfahrung um so mehr Nachdruck legen, als Perewoznikoff (*Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1876. Nr. 48) die unrichtige Angabe gemacht hat, dass nur bei gleichzeitiger Injection von Seife und Glycerin in den Darm Füllung der Zotten mit molecularem Fett und Bildung eines gewöhnlichen weissen Chylus erfolgt, nicht aber bei alleiniger Injection von Seife. Auch Hoppe-Seyler (*Physiologische Chemie.* III. S. 594) hat unabhängig von mir, nach Verabreichung von Seife allein, milchweissen Chylus gesehen.

fett. Dass endlich der Seifengehalt des Chylus nach Einführung von Fettsäuren oder Seifen nicht höher ist, als bei reiner Eiweissverdauung, habe ich gleichfalls schon vor elf Jahren mitgetheilt[1] und hat ebenfalls v. Walther neuerdings bestätigt. Somit kann weder bei Fett-, noch bei Fettsäure-, noch bei Seifenverdauung ein Uebertritt von Seifen in den Chylus in irgend erheblicher Menge angenommen werden.

Es fragt sich nur noch, ob nicht ein Theil der im Darm gebildeten oder als solche eingeführten Seifen der synthetischen Umbildung zu Neutralfett entgehen und als gelöste Seife direct durch das Pfortaderblut aus dem Darm abgeleitet werden kann? In dieser Beziehung liegt keine positive Thatsache vor, welche sich dafür verwerthen liesse. Weder im Pfortader- noch im Körperblut hat man auf der Höhe der Fettverdauung Seifen reichlicher als sonst gefunden; immer findet man im Blutplasma oder Blutserum Seifen in den engen Grenzen von 0·05 bis 0·12 Procent schwankend, niemals einen höheren Werth, wie er bei einigermaassen reichlichem Uebertritt von Seifen aus dem Darm in das Blut zu erwarten wäre. Man kann daher Hoppe-Seyler[2] nur beistimmen, wenn er sagt: „Die Herkunft der Seifen des Blutes und der Lymphe ist unbekannt und ihr Auftreten in diesen Flüssigkeiten weder für die Erklärung der Resorption, Bildung und Ablagerung noch für die des Zerfalls der Fette und des Lecithins zu verwerthen."

Schlussbemerkungen.

Seitdem ich, vom Winter 1887 angefangen, auf die toxischen Wirkungen der in's Blut eingespritzten Natronseifen aufmerksam geworden bin, habe ich in den beiden folgenden Jahren, soweit mir andere Untersuchungen hierzu Zeit liessen, das weitere Studium fortgesetzt. Nachdem ich zu einem gewissen Abschluss gelangt zu sein glaubte, habe ich über die thatsächlichen Ergebnisse im Juli 1889 einen kurzen Bericht erstattet.[3] Während ich nun die vorstehend gegebene ausführliche Schilderung meiner Beobachtungen zu Papier brachte, ersah ich aus einer eben erschienenen Studie von R. Kobert,[4] dass wenigstens ein Theil meiner Beobachtungen nicht neu, sondern schon sieben Jahre früher gemacht, aber in Folge der durchaus ungenügenden Form der Publication den Fachgenossen und so auch mir entgangen ist. Für Buchheim's Crotonolsäure macht Kobert[5] auf

[1] Virchow's *Archiv.* Bd. LXXX. S. 33.
[2] *Zeitschrift für physiologische Chemie.* Bd. VIII. S. 506.
[3] *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.* 1889. Nr. 28.
[4] *Arbeiten des pharmakologischen Instituts zu Dorpat.* 1890. Bd. IV.
[5] A. a. O. S. 55.

Grund von Versuchen seines Schülers v. Hirschheydt die Angabe, dass die rein dargestellte Crotonolsäure bei Einführung als Alkalisalz in die Blutbahn schon bei 0·07 ^{mgrm} p. K. Th. schwere Erscheinungen macht und bei weniger als 0·4 ^{mgrm} p. K. Th. tödtlich wirkt, und fährt dann so fort: „Nun sind nach Kobert und Rassmann sowie nach I. Munk zwar alle Seifen im Blute giftig, aber erst bei einer die tödtliche Dose der Crotonolseifen um mehr als das 200fache übersteigenden Dose.“ Als Quelle für letztere Angabe citirt Kobert eine aus seinem Privatlaboratorium hervorgegangene Hallenser Inaugural-Dissertation von A. Rassmann (1880), die indess nirgends anderswo, auch nur im Auszuge, mitgetheilt ist. Uebrigens hätte auch auf Grund des Titels dieser Dissertation „über Fettharn“ Niemand ahnen können, auf die Giftigkeit der Seifen bezügliches darin zu finden. Nachdem ich, durch Kobert's Hinweis darauf aufmerksam gemacht, von dem Inhalt jener Dissertation Einsicht gewonnen, muss ich allerdings zugeben, dass vor mir schon Rassmann durch Versuche an Kaninchen und Hunden die Giftigkeit des ölsauren Natrons bei Injection in die Blutbahn erkannt und weiter ermittelt hat, dass das ölsaure Natron die Pulsfrequenz und den Blutdruck herabsetzt, Narkose herbeiführt und schliesslich durch Herzlähmung tödtet.

Ist es somit sehr bedauerlich, dass in Folge einer ungeeigneten Publicationsart die Rassmann'schen Beobachtungen nicht in weitere Kreise gedrungen[1] sind, so dass ich die toxische Wirkung der Seifen gleichsam auf's Neue finden musste, so bin ich doch gern bereit, was die Herzwirkung anlangt, Rassmann's Priorität anzuerkennen. Allein gerade weil ich ohne Kenntniss der Rassmann'schen Beobachtungen von eigenen Erfahrungen ausgehend, wie in der Einleitung geschildert, die Wirkung der Natronseifen studirt habe, sind meine Untersuchungen auf breiterer Basis aufgebaut und, wie ich wohl sagen darf, auch ergebnissreicher geworden. Denn einmal hat Rassmann nur die Wirkung des ölsauren Natrons, nicht aber die der festeren, vorwiegend aus Palmitin- und Stearinsäure bestehenden Seifen geprüft, zweitens findet sich bei Rassmann nirgends eine Angabe über die Grösse der Dosis toxica und lethalis; eine solche ist auch nachträglich nicht zu machen, ist doch nirgends das Gewicht der Versuchsthiere vermerkt; wenn daher Kobert neuerdings die Giftwirkung des crotonolsauren Natrons mit dem der Natronseifen vergleicht, so ist dieser Vergleich nur auf Grund meiner Befunde über die Grösse der Dosis toxica und lethalis der Natronseifen ermöglicht. Sodann habe ich die Herzwirkung genauer

[1] Kobert führt an, dass er in Schmidt's *Jahrbüchern* (1881, Bd. CLXXXIX, S. 3) einen Bericht über die Rassmann'sche Dissertation geliefert hat. Dem gegenüber berufe ich mich darauf, dass selbst in Virchow-Hirsch's *Jahresbericht* für 1880 Rassmann's keine Erwähnung geschehen ist.

praecisirt, habe ferner gezeigt, dass diese Wirkung beträchtlich abgeschwächt wird, wenn die Seifen, anstatt direct in den allgemeinen Kreislauf eingeführt zu werden, erst dahin auf dem Umwege durch den Pfortaderkreislauf gelangen und die Leber zu passiren haben. Weiter habe ich zuerst die Aufmerksamkeit auf die die Blutgerinnung verzögernde bezw. hemmende Wirkung der in's Blut injicirten Natronseifen gelenkt. Schliesslich habe ich zeigen können, dass, so ähnlich auch auf Grund der danach beobachteten Erscheinungen die Wirkung der in das Blut injicirten Natronseifen mit derjenigen der auf dem gleichen Wege einverleibten Peptone zu sein scheint, doch beider Wirkungen ihrem ursächlichen Zusammenhang nach sich als grundverschieden darstellen.

Jedenfalls lehrt diese Erfahrung wiederum auf's Neue, wie dringend es geboten ist, dass von den in Dissertationen (zumal wenn diese einen Titel führen, der, wie im vorliegenden Falle, auf die darin enthaltenen Versuche keineswegs hinleitet) niedergelegten Beobachtungen seitens der Laboratoriumsvorstände oder derjenigen, unter deren Mitverantwortung die Arbeit ausgeführt ist, den Fachkreisen in wissenschaftlichen Zeitschriften, wenigstens auszugsweise, Kenntniss gegeben wird.

Hätte ich Rassmann's Angaben früher gekannt, so hätte dies allerdings mir den Vortheil gebracht, dass ich s. Z. eine ganze Reihe mühseliger und vergeblicher Versuche[1] nicht angestellt hätte. Allein es wäre dann auch für mich kein Anlass erwachsen, die Wirkung der Natronseifen genauer zu verfolgen, ein Studium, das, wie ich glaube, sich als lohnend und unsere Kenntnisse erweiternd erwiesen hat.

---

[1] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XLVI. S. 331.

Betrachtungen über die physikalische Eigenschaft der Schwimmblase der Fische.

Von

Oscar Liebreich.

Behufs Untersuchung des Widerstandes, welchen Körper bei der Bewegung unterhalb und in der Nähe der Flüssigkeitsoberfläche erfahren, wurden unten offene Glasschwimmer, welche Luft enthalten, in Anwendung gezogen. Die Frage nach dem Gleichgewicht solcher Körper, als deren Repraesentant gewöhnlich der Cartesianische Taucher vorgeführt wird, gab die Veranlassung zu der nachfolgenden Untersuchung. Die für die hier in Betracht kommenden physikalischen Eigenschaften wichtigen Daten vermuthete ich, und wohl nicht mit Unrecht, in der physikalischen Litteratur vollständig zu finden, was jedoch nicht der Fall war.

Es lag zunächst nahe, den „Cartesianischen" Taucher bei Descartes beschrieben zu suchen. Es ist mir aber nicht gelungen, eine dieses Spielzeug betreffende Notiz in seinen Werken aufzufinden, ich will es aber dahingestellt sein lassen, ob nicht bei einer noch sorgfältigeren Durchsicht sich eine oder die andere auf die betreffende Frage bezügliche Bemerkung ermitteln liesse.

Die erste verwerthbare Notiz über die physikalischen Eigenschaften eines mit Luft verbundenen Körpers, der sich in Wasser befindet und an sich schwerer als dasselbe ist, wobei letzteres gleichzeitig die Communication mit dem äusseren Luftdruck herstellt, findet sich in Boyle's *Paradoxa hydrostatica.* Ihm sind die Cartesianischen Taucher augenscheinlich bekannt, denn er spricht an einer Stelle von dem phaenomenon ludicrorum, ohne aber den Namen Descartes zu erwähnen, als etwas Bekanntem.[1] Der Ausdruck ludicra findet sich in der französischen Be-

[1] Rob. Boyle, *Paradoxa hydrostatica.* Rotterdami 1670. p. 45: „Eâdemque de causâ additamentum quoddam praetereo Phaenomenum ludicrorum etc. S. 54.

zeichnung ludion de Descartes wieder. Jedenfalls zeigte Boyle durch das citirte Werk, dass er in geschickter Weise die Eigenschaften mit Luft verbundener fester Körper, bei denen die Luft ein veränderliches Volumen hat, experimentell erläutert hat.[1] Er füllt kleine, kugelförmige Gläschen mit relativ langem Halse mit einer solchen Quantität Wasser, dass diese Körper, welche ich als Boyle'sche Schwimmer bezeichnen will, an der Oberfläche des Wassers schwimmen. Nach dem Entleeren des Gefässes bringt er den Schwimmer auf den Boden desselben und hält ihn dort mit einem Stabe fest, während er das Gefäss von Neuem füllt. Der Schwimmer bleibt dann liegen, nachdem der Stab entfernt ist. Füllt man dagegen das Gefäss ohne den Schwimmer festzuhalten, so steigt er je mehr man dasselbe füllt. Aus diesen Versuchen geht mit Deutlichkeit hervor, dass ein Boyle'scher Schwimmer abhängig vom Drucke der Wassersäule und der Luft bald schwerer, bald leichter als das Wasser sein kann und vor Allem, dass eine Gleichgewichtslage und zwar eine labile existirt. Dieser Versuch Boyle's ist von späteren Physikern meines Wissens nicht citirt worden, dagegen der Cartesianische Taucher bis auf die heutige Zeit in allen Lehrbüchern, welche experimentell physikalische Dinge vorführen, berücksichtigt worden. Es ist dies um so wunderbarer, als der Boyle'sche Versuch für die Gleichgewichtsverhältnisse viel instructiver ist als der Cartesianische Taucher, bei welchem die Verhältnisse zwar nicht complicirt, aber doch nicht so einfach, wie beim Boyle'schen Versuch sind. Besonders auffallend ist, dass in der mir zugänglichen physikalischen Litteratur sich Ungenauigkeiten und Missverständnisse bis auf die heutige Zeit vererbt haben. Es wird nämlich stets gesagt, dass es möglich ist, durch einen bestimmten Druck auf die elastische Membran einem Taucher an beliebiger Stelle eine Gleichgewichtslage zu geben. So sagt Musschenbroek:[2] „Si, lorsqu'ils sont à moitié chemin, on presse de nouveau la Vessie avec le doigt, on peut les arrêter là; car on a fait alors entrer dans leurs pieds autant d'Eau qu'il en faut pour les tenir en équilibre avec l'Eau de la Bouteille, de sorte qu'ils ne peuvent alors ni descendre, ni monter.“ In Gehler's *physikalischem Wörterbuch*[3] findet sich eine ähnliche Behauptung und zwar heisst es dort: „Drückt man zunächst mit dem Finger die Blase nieder, so wird die Luft unter ihr und gleichzeitig der Rest der im Körper der Puppen noch eingeschlossenen Luft zusammengedrückt, es dringt etwas mehr Wasser ein, sie werden specifisch schwerer, schwimmen also nicht mehr, sondern sinken nieder und auf diese Weise kann durch

[1] A. a. O. S. 59.

[2] Musschenbroek, *Essai de Physique.* t. I. p. 678. Trad. p. Massuet. Leyden 1739.

[3] Gehler's *Physikalisches Wörterbuch.* Bd. VIII. S. 684. Art. Schwimmen.

veränderten Druck ihr specifisches Gewicht so regulirt werden, dass sie auf den Boden herabsinken, oder oben schwimmen, oder auch an jeder Stelle des Glases ruhend bleiben.“ Auch in den neueren Lehrbüchern der Physik, welche die Besprechung über den Cartesianischen Taucher aufgenommen haben, finden sich dieselben Angaben. Selbst in dem neuesten Lehrbuch, dem von Winkelmann herausgegebenen *Handbuch der Physik*[1] (1889) findet sich in dem von Auerbach verfassten Abschnitt über Hydrostatik bei Gelegenheit der Besprechung des Schwebens folgende Beschreibung des Cartesianischen Tauchers, welche ich zur Vermeidung aller Missverständnisse wörtlich hierher setzen will: „Der zweite Fall, das Schweben eines festen Körpers in einer Flüssigkeit, lässt sich mit einfachen Körpern z. B. von Holz, nur mit einiger Mühe verwirklichen, weil bei dem geringsten Unterschiede der Dichten der Körper, wenn auch äusserst langsam, steigt oder fällt. Man muss daher entweder den schwimmenden festen Körper, oder die Schwimmflüssigkeit durch Mischung zweier verschieden specifisch schwerer Stoffe herstellen. . . . . Noch leichter macht es sich mit dem folgenden unter dem Namen des Cartesianischen Tauchers bekannten Apparat. Eine Glaskugel ist theils mit Wasser, theils mit Luft gefüllt und hat unten eine sehr feine Oeffnung. Sie schwimmt auf der Wasseroberfläche eines Glascylinders, der oben mit einer Membran verschlossen ist. Drückt man auf dieselbe, so treibt man etwas mehr Wasser in die Kugel, sie wird schwerer und sinkt; ermässigt man den Druck, so dehnt sich die Luft in der Kugel aus und treibt wieder etwas Wasser heraus. Man kann nun leicht den Druck auf die Membran so reguliren, dass die Kugel in jeder Lage schwebt.“ Die vorstehenden Angaben, besonders die letzte, lassen keinen Zweifel darüber, dass die Ansicht der citirten Autoren dahin geht, dass ein stabiles Gleichgewicht für den Cartesianischen Taucher, oder besser für alle Boyle'schen Schwimmapparate bestehe und experimentell bewiesen werden könne. Ein Missverständniss in dieser Beziehung ist wahrscheinlich dadurch hervorgerufen worden, dass bei der Anordnung der Versuche die Druckänderung mit Hülfe einer elastischen Membran und dem Fingerdruck bewerkstelligt wurde, zwei Ursachen, die einen Irrthum bei der experimentellen Prüfung hervorrufen konnten. Bei sehr kleiner Austrittsöffnung des Tauchers nämlich findet der Ein- und Austritt des Wassers äusserst langsam statt, und es ist so möglich, durch fast insensible Muskelbewegung den Taucher scheinbar im Gleichgewicht zu halten, während in der That durch minime periodische Druckveränderung diese scheinbare Ruhe hervorgebracht wird. Schaltet man an einen Taucherapparat ein Seitenrohr mit elastischer Membran ein,

---

[1] Winkelmann, *Handbuch der Physik.* I. Breslau 1889. S. 352.

welches das Zuströmen von Leuchtgas zu einer kleinen Lampe zu vermindern gestattet, so kann ein Beobachter, dem das Urtheil über seine eigene Muskelbewegung schwierig ist, objectiv an der Bewegung der Flamme die Inconstanz des Druckes sich in deutlicher Weise vorführen. Es ist daher ein unbegreifliches Nachschreiben älterer Beobachtungen, wenn in einem physikalischen Lehrbuche an Stelle des Fingerdruckes ein Piston zum Drücken gezeichnet ist, denn ein solcher Apparat, falls er von dem Autor wirklich benutzt worden wäre, hätte ihn sofort darauf aufmerksam machen müssen, dass bei dem Cartesianischen Taucher ein stabiles Gleichgewicht nicht hergestellt werden kann.[1]

Nach diesen Auseinandersetzungen kann man sich von vornherein vorstellen, dass die Autoren, welche die mechanische Function der Schwimmblase der Fische untersuchten, sich nicht die nöthige Klarheit verschaffen konnten, indem sie zwar das Boyle-Mariotte'sche Gesetz berücksichtigten, die Art des Gleichgewichts aber unrichtig beurtheilten. — Um daher dieser Frage näher zu treten, ist es erforderlich, der Gleichgewichtslage eines Boyle'schen Schwimmers durch Rechnung zu erörtern. Der Schwimmer lässt sich als ein System betrachten, welches sich aus einem festen Theil, dessen specifisches Gewicht grösser, als das des Wassers ist, und aus der Luft, welche immer specifisch leichter, als Wasser ist und ein veränderliches Volumen hat, zusammensetzt. Das Gleichgewicht des zusammengesetzten Systems im Wasser tritt dann ein, wenn das mittlere specifische Gewicht des Körpers = 1 ist, d. h. wenn die Zahl, welche das Gewicht in Grammen angiebt, gleich der Zahl ist, welche die Summe der Volumina von fester Substanz und Luft in Kubikcentimetern darstellt. Damit diese

---

[1] Als meine Untersuchung schon vollendet war, wurden mir in Ritter's *Lehrbuch der technischen Mechanik*, 1877, IV. Aufl., S. 682, die Berechnungen bekannt, welche dort für das Gleichgewicht schwimmender Luftbehälter ausgeführt worden sind, und zwar für den Fall eines innen und aussen kreiscylindrisch begrenzten Körpers. Aus den Gleichungen (1028) und (1030) daselbst leitet Verfasser die Gleichgewichtsberechnungen für das eingetauchte Gefäss ab und kommt hier ebenfalls zu dem Schluss, dass ein solcher Luftbehälter unter dem Wasser in allen Fällen eine labile Gleichgewichtslage habe. Die Beschränkung auf den speciellen Fall ist von keinem erheblichen Nutzen, weil, wie man besonders aus der von mir im Text gegebenen Behandlung sieht, die allgemeine Rechnung eben so leicht, und wie ich glaube, übersichtlicher geführt werden kann. Nicht unerwähnt möchte ich ferner lassen, dass mir — ebenfalls nach Abschluss meiner Untersuchung — durch die Freundlickeit des Hrn. Director Professor Dr. Schwalbe eine Aeusserung von R. Heyden bekannt wurde. Heyden spricht in der *Zeitschrift zur Förderung des physikalischen Unterrichts*, III, herausgegeben von Lisser und Benecke, Verlag von Lisser und Benecke, welche im Buchhandel nicht erschienen ist, S. 10 von einem labilen Gleichgewicht, ohne allerdings eine Rechnung mitzutheilen.

Bedingung erfüllt werde, wird die Luft im Taucher unter einem ganz bestimmten Druck stehen müssen.[1]

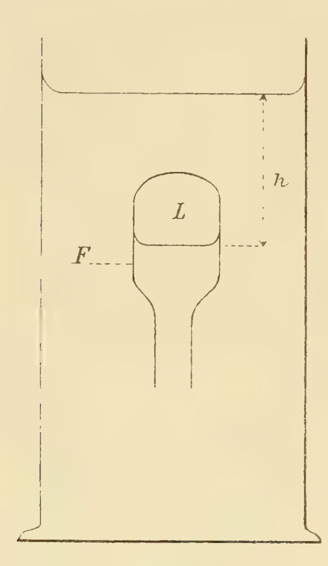


Fig. 1.

Es sei (Fig. 1):

F das Gewicht der starren Substanz des Schwimmers,

s das specifische Gewicht derselben,

L das Gewicht der im Schwimmer abgesperrten Luft,

σ das specifische Gewicht derselben,

so gilt also für das Gleichgewicht des Schwimmers zunächst folgende Gleichung:

$$1)\qquad \frac{F}{s} + \frac{L}{\sigma} = F + L.$$

Es sei ferner:

P der äussere Luftdruck,

σ_0 das diesem entsprechende specifische Gewicht der Luft,

h die Höhe der auf die Luftblase drückenden Wassersäule,

so ist nach dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz:

$$2)\qquad \sigma = \frac{\sigma_0}{P}(P + h),$$

wobei P ebenfalls als durch Wassersäulen gemessen vorausgesetzt ist. Setzt man nun den aus (2) sich ergebenden Werth von σ in (1) ein, so erhält man:

$$3)\qquad \frac{F}{s} + \frac{L}{\frac{\sigma_0}{P}(P+h)} = F + L.$$

$\frac{\sigma_0}{P}$ hat dabei einen constanten Werth, wenn man von den Variationen der Temperatur absieht, und zwar ist derselbe bei 18^0 $\frac{1}{32} \cdot 0{\cdot}0012129$, falls der Fuss zur Längeneinheit gewählt wird und $= \frac{0{\cdot}0012129}{10{\cdot}33}$ wenn man als Grundmaass für die Längen das Meter verwendet. Aus Gleichung (3) ergiebt sich, dass der Taucher nur in einer bestimmten Tiefe im Gleichgewicht ist und zwar ist diese Tiefe:

---

[1] Meine erste Mittheilung erfolgte in der Sitzung der physiologischen Gesellschaft am 17. Januar 1890. Siehe *dies Archiv.* 1890. S. 360.

$$4)\qquad h = \frac{1}{\frac{\sigma_0}{P}\cdot\frac{F}{L}\left(1-\frac{1}{s}\right)+\frac{\sigma_0}{P}} - P = C - P,$$

wobei C sich als unabhängig von P zeigt.

Man ersieht aus (4), dass h mit L wächst, dass es dagegen bei Vergrösserung des äusseren Luftdruckes abnimmt und zwar gerade um so viel, als P, in Wasserhöhen ausgedrückt, zunimmt. Ein Zahlenbeispiel möge zur Veranschaulichung angeführt werden.

Es sei:

$$F = 10^{\text{grm}};\ s = 2\cdot5;\ L = 0\cdot009051,$$

so ergiebt sich

$$h = 12\cdot03^{\text{m}} - P.$$

Hat P den mittleren Normalwerth $10\cdot33$, so ist also

$$h = 1\cdot70^{\text{m}}.$$

Lässt man P auf $11\cdot5^{\text{m}}$ wachsen, so wird $h = 0\cdot53^{\text{m}}$. Füllen wir denselben Taucher mit grösseren Mengen Luft, etwa $L = 0\cdot01293$, so erhält man, wenn $P = 10\cdot33^{\text{m}}$

$$h = 17\cdot18^{\text{m}} - P = 6\cdot85^{\text{m}}.$$

Die angeführten Formeln zeigen uns gleichzeitig an, welcher Druck angewendet werden muss, wenn der Taucher sinken soll; es tritt dieses in dem Moment ein, wenn die beiden Gleichgewichtslagen des Tauchers, die stabile des Schwimmers an der Wasseroberfläche und die labile des Schwebens unter Wasser, mit einander concidiren, wenn also die Kuppe des Tauchers die freie Wasseroberfläche gerade tangirt. Die hierzu gehörige Grösse von h ist in jedem speciellen Falle eine andere; sie hängt von der Form des Körpers und von dessen Dimensionen ab; in dem Falle des Cylinders lässt sie sich bei Vernachlässigung des Einflusses der Capillarität leicht berechnen, da aber diese Betrachtung hier nicht wesentlich ist, so soll auf dieselbe nicht weiter eingegangen werden.

Dass die oben berechnete Gleichgewichtslage eine labile ist, ergiebt folgende Ueberlegung. Verlässt der Taucher seine Gleichgewichtslage mit einer Geschwindigkeit nach unten, so wird σ grösser, das Gesammtvolumen des Tauchers also in jedem Augenblick kleiner, es addirt sich also zu der schon vorhandenen Geschwindigkeit die durch die Vermehrung des specifischen Gewichts über 1 gegebene Beschleunigung; verlässt er dagegen die Gleichgewichtslage mit einer Geschwindigkeit nach oben, so wird in jedem Moment das Volumen des Körpers grösser, zu der schon vorhandenen Bewegungsgrösse kommt die durch die Vermehrung des Auftriebs gesetzte Beschleunigung hinzu, der Körper wird sich also mit immer grösserer Geschwindigkeit von seiner Gleichgewichtsebene entfernen.

Die Abhängigkeit der die Gleichgewichtslage bestimmenden Grösse h von dem Druck P lässt sich durch einen dem Cartesianischen Taucher ähnlichen Apparat experimentell sehr bequem zeigen (Fig. 2), da derselbe gestattet, die Gleichgewichtsebene innerhalb eines Cylinders an beliebiger Stelle festzuhalten, was bei dem Cartesianischen Taucher nicht der Fall ist.

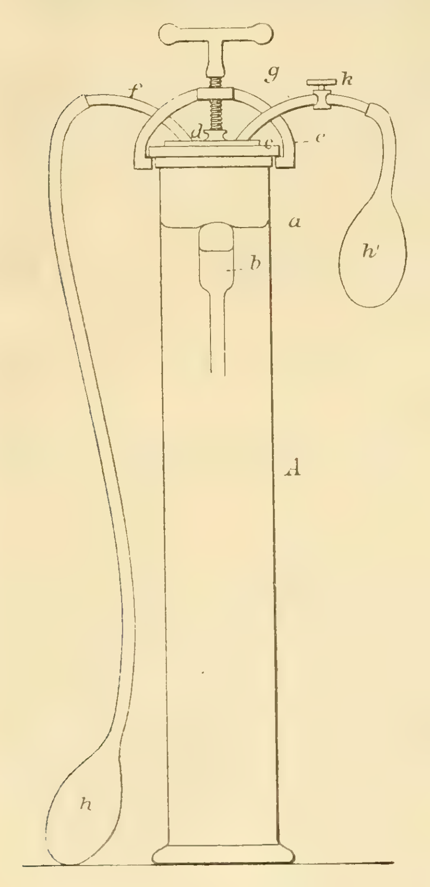


Fig. 2. (1/3 Grösse.)

Es wurde deshalb dieser Apparat in folgender Weise construirt. In einem bis zur Höhe a mit Wasser gefüllten Cylinder A befindet sich ein Boyle'scher Schwimmer b, welcher mit Wasser gefüllt, in seiner stabilen Gleichgewichtslage schwimmend nur wenig aus der Oberfläche hervorragt. Der oben mit einem Messingring c versehene Cylinder kann durch eine Messingplatte d mit Hülfe von Gummiringen luftdicht verschlossen werden, und zwar durch Andrücken eines mit Schraubengewinde durchbohrten Bügels e. Die Messingplatte ist an zwei Stellen mit Bohrungen versehen, an welche die beiden Röhren f und g anschliessen; diese biegen nach aussen ab. Das Rohr g hat bei k einen einfach durchbohrten Hahn. An diese Röhren werden die aus dickem Gummi bestehenden Ballons h und h', deren jeder etwa 70 ccm Luft enthält, befestigt. Durch Druck auf den einen Gummiballon sinkt der Schwimmer unter und beim Nachlassen des Druckes steigt derselbe wieder in die Höhe, soweit stimmt also der Apparat mit dem gewöhnlichen Cartesianischen Taucherapparat überein. — Erhöht man den Druck P dadurch, dass man den Gummiballon h zusammendrückt, jedoch nur so weit, dass der Schwimmer nicht untersinkt, und schliesst man den Hahn k, so wird der Schwimmer auf den Boden sinken und sich beim Nachlassen des Druckes nicht wieder erheben. Letzteres gelingt jedoch in Folge von Rückstossbewegungen dadurch, dass man kurze Schläge auf den Ballon h giebt. Man kann nun leicht durch Probiren die Stelle be-

stimmen, von welcher ab der Schwimmer von selber in die Höhe steigt. Durch wiederholte Versuche erkennt man, dass je stärker die Compression des Ballons h' gewesen ist, um so höher die labile Gleichgewichtslage steigt.[1]

Die mangelnde Klarheit in den Anschauungen über den Mechanismus der Boyle'schen Schwimmer spiegelt sich in den Theorien wieder, welche über die Function der Schwimmblase von den verschiedensten Autoren publicirt worden sind, eine Unklarheit, welche so weit geht, dass Einige der Schwimmblase überhaupt jede Bedeutung für die Locomotion des Fisches abgesprochen haben. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass meine Betrachtung sich eben nur auf solche Fische bezieht, welche eine Schwimmblase haben, sei es, dass dieselbe mit der Atmosphaere direct communicirt, sei es, dass sich der Druck der Wassersäule und der äusseren Luft durch die Vermittelung der elastischen Wandungen, welche die Blase umgeben, auf diese überträgt, mit anderen Worten, ich discutire die Frage: welchen Einfluss übt der combinirte Luft- und Wasserdruck auf die Bewegungen solcher Fische aus, welche einen mit Luft erfüllten Hohlraum einschliessen?

Indem ich diese Frage erörtere, bemerke ich, dass es einer weiteren experimentellen Untersuchung vorbehalten bleiben muss, in wie weit auf diese rein mechanischen Vorgänge die veränderte Zusammensetzung der Blasenluft einen Einfluss ausübt, es würde diese Frage einer besonderen Rechnung auf Grund durch Versuch und Analyse gewonnener Daten bedürfen. — Bevor ich jedoch aus den oben über den Boyle'schen Schwimmer angestellten Betrachtungen Schlussfolgerungen auf die gegenwärtige Frage ziehe, halte ich es für zweckmässig, kurz diejenigen Anschauungen einem historischen Ueberblick zu unterziehen, welche bis in die Gegenwart über die mechanische Function der Schwimmblase geäussert worden sind.

Robert Boyle[2] ist der erste, welcher die mechanische Bedeutung der Schwimmblase untersucht hat. Ausgehend von der Eigenschaft einer

---

[1] Beim Experimentiren mit diesem Apparat kann man die Erscheinung der Verschiedenartigkeit des Stosses constatiren, je nachdem der Boyle'sche Schwimmer eine weite oder eine enge Oeffnung hat. Drückt man den Gummiballon h zusammen und lässt ihn plötzlich wieder los, so wird bei den Schwimmern mit enger Oeffnung ein starker Rückstoss denselben in die Höhe treiben, während der Schwimmer mit weiter Oeffnung nur geringe Bewegungen nach oben macht. Bei dem Schwimmer mit weiter Oeffnung dagegen wird bei einem starken plötzlichen Stoss das Wasser schnell hineingetrieben und der Schwimmer durch Mittheilen dieser Bewegung in die Höhe geschleudert, während bei dem Schwimmer mit enger Oeffnung nur eine kurze Excursion nach oben bemerkt wird, da durch denselben Stoss in ihn nur sehr wenig Wasser hineingelangt.

[2] *Philosophical Transactions for the year 1675—79.* vol. X. p. 310.

Luftblase beim Aufsteigen sich zu vergrössern, überträgt er in kurzen und klaren Worten diese Eigenschaft auf die Luft in der Schwimmblase und entsprechend der Kenntniss, welche er in Folge seines Versuches in den „Paradoxa hydrostatica“ haben musste, beurtheilte er schon richtig, dass an einer bestimmten Stelle der Fisch dasselbe specifische Gewicht wie das Wasser haben müsse, eine Betrachtung, die, wie es sich bei Borelli zeigt, von anderen Autoren nicht gebührend berücksichtigt worden ist.[1] John Ray[2] knüpft hieran einige weitere Bemerkungen, aus denen ich als wesentlich hervorhebe, dass er zuerst erwähnt, dass ein Fisch, dessen Schwimmblase verletzt ist, zu Boden sinkt und die Kraft verliert, sich wieder zu erheben. Man kann ihn auch als den ersten Forscher ansehen, der zur ausgiebigen Erklärung der Wirkung der Schwimmblase die anatomischen Eigenschaften in Betracht ziehen will.

Borelli[3] (1680) berichtet ebenfalls über die Erfahrungen Ray's, dass nach dem Zerreissen der Blase, welches er künstlich im Vacuum bewirkt hatte, die Fische, specifisch schwerer als Wasser geworden, gleichsam kriechend sich auf dem Boden des Behälters bewegen, und nimmt fälschlicher Weise an, dass das Schweben derselben ein stabiler Gleichgewichtszustand sei, wie dies daraus hervorgehen soll, dass sich der Fisch in der Ruhelage erhalten könne, ohne seinen Schwanz und seine Flossen zu bewegen.

Gotthelf Fischer[4] erörtert die anatomische Lage und physiologische Eigenschaft der Schwimmblase. Er geht von der Ansicht aus, die auch später wieder aufgenommen worden ist, dass die Schwimmblase für die Bewegung der Fische von keiner besonderen Bedeutung sei und erkärt die Eigenschaft der Fische, welche der Schwimmblase beraubt sind, daraus, dass sie der Luft, mit der die Schwimmblase gefüllt ist, ganz entbehren können und in Folge dessen keinen Trieb hätten nach oben zu gehen (!!).

---

[1] P. Harting sagt zwar (Poggendorff's *Annalen*, Bd. CXLVIII) bei Gelegenheit der Beschreibung des Physometer's, dass Needham der erste gewesen ist welcher die physikalische Eigenschaft in Betracht gezogen habe. — Needham, welcher sein Werk *Disquisitio anatomica de formato foetu*, London 1667, Boyle gewidmet hatte, spricht der Schwimmblase zwar eine Bedeutung für die Bewegung der Fische zu, indem er p. 156 sagt: „At reliqui . . . . huiusmodi subsidium poscunt ut sursum, deorsum, dextrorsum, sinistrorsum in undis ferantur, absque enim tali aequipondio intus latente manifestum est tanta corpora, a tam exiguis pinnis sustentari et moveri non potuisse,“ aber das Boyle'sche Gesetz wendet er nicht an, und zieht überhaupt nicht die Möglichkeit einer Verdichtung der Schwimmblasenluft in Betracht.

[2] *Philosophical Transactions*, ib. p. 349.

[3] Borelli, Joh. Alphonsi, *De motu animalium.* Ed. nova Hagae Comitum 1743. P. I. p. 208, Prop. CCIX: „Et quia videmus, quod pisces in quolibet situ profunditatis aquae quiescunt immoti, absque ullo conatu et impulsione caudae, aut pinnarum, fatendum est, aeque graves specie esse ac aqua.“

[4] Gotthelf Fischer, *Versuch über die Schwimmblase der Fische.* Leipzig 1795.

Diese sonderbaren Vorstellungen sind um so auffallender, als Fischer die von seinen Vorgängern Boyle, Ray und Borelli geäusserten Anschauungen doch kennen musste.

Biot[1] stellte (1807) Untersuchungen an, welche ein besonderes Interesse beanspruchen. Obgleich die chemische Zusammensetzung der Fischblasenluft in meiner Untersuchung, wie schon erwähnt, keine Berücksichtigung finden soll, möchte ich doch nicht unterlassen anzuführen, dass er bei seinen auf den Inseln Yviza und Formentera ausgeführten Beobachtungen fand, dass die Fische in der Tiefe eine sauerstoffreichere Luft enthielten, als in höheren Regionen,[2] eine Thatsache, die auch von späteren Forschern in Betracht gezogen wurde. Biot ist auch der erste, welcher die Thatsache, dass bei Fischen die Blase zum Maul heraustritt, wenn sie aus grösserer Tiefe hervorgezogen werden, richtig erklärte; er wurde darauf geführt, als ihm ein als Mero bezeichneter Fisch gebracht wurde, welcher diese Erscheinung zeigte; er bemerkte hier, dass die Blase zum Maul heraustrat. Als er selber Fische mittelst Fadenangel aus der Tiefe von 100 m herauszog, fand er, dass alle Fische dieselbe Erscheinung zeigten. Besonders merklich war dies bei einer kleinen Art, die er als Vacca bezeichnet, während es andererseits bekannt war, dass an anderen Orten in flachen Gegenden diese Art, wenn sie aus dem Wasser hervorgezogen wurde, die Erscheinung nicht zeigte. Biot macht den sehr richtigen Schluss, dass die Luft, welche in der Tiefe von 100 m unter einem Druck von über 10 Atmosphaeren stand, beim Herausziehen sich nothwendig sehr ausdehnen müsse.

Ferner folgert er daraus etwas, was ich am besten mit seinen eigenen Worten anführe: „Il y a plus, l'idée que l'on pourroit se faire de l'usage illimité de la vessie natatoire seroit inexacte dans le plus grand nombre des espèces; car les changemens instantanés de profondeur permis à chaque individu paroissent compris dans certaines limites, qu'il ne peut dépasser tout à coup et s'il parvient à les franchir ce n'est qu'avec le tems, après que la nature a changé peu à peu sa constitution.“ Bemerkenswerth

[1] Biot, Sur la nature de l'air contenu dans la vessie natatoire des poissons. *Mémoires de Physique et de Chimie de la Société d'Arcueil.* I. 1807. p. 252.

[2] Diese interessante Stelle (a. a. O., p. 261) lautet folgendermaassen: „J'ignore absolument, à quoi peut tenir cette propriété singulière. Je ne sais si elle se soutiendra dans la suite des expériences que l'on pourra faire; et c'est peut-être par un pur hasard qu'elle s'est présentée à moi; mais je l'ai jusqu' à présent si constamment observée, que les matelots même qui m'aidoient dans mon travail, l'avoient remarquée aussi bien que moi; et quand on nous apportoit, ou que nous prenions nous-mêmes un poisson nouveau, ils s'empressoient d'avance de me dire, s'il avoit coutume de se trouver à une grande ou à une petite profondeur, et s'il devoit en conséquence me donner une forte ou une foible détonation.“

ist endlich noch die von Biot angeführte Thatsache, dass der Mero, der an den Catalonischen Küsten in einer Tiefe von 1000 ^{m} gefunden wird, also unter einem Druck von etwa 100 Atmosphaeren steht, häufig von der Angel losreisst; aber der Fang ist darum doch nicht verloren, weil der Fisch von einer bestimmten Tiefe an nicht mehr im Stande ist, mit seiner Muskelkraft nach unten zu gehen und in Folge dessen an die Oberfläche gelangt. Bemerkungen jedoch, welche die Gleichgewichtslage unter Wasser betreffen, finden sich bei Biot nicht.

Joh. Müller[1] sagt: „Die Schwimmblase vieler Fische, welche sich nach von Baer's Untersuchung wie die Lunge aus dem Schlunde entwickelt, erleichtert das Schwimmen in den oberen Regionen des Wassers und durch die Zusammendrückbarkeit der in ihr enthaltenen Luft vermöge der Seitenmuskeln sind die Fische fähig in verschiedenen Höhen, je nach dem grösseren oder geringeren Druck, zu schweben.“ — Fernere Angaben macht Joh. Müller über die physikalischen Eigenschaften der Schwimmblase im Jahre 1842,[2] indem er einen Springfeder-Apparat zur Verdünnung und Verdichtung der Luft der Schwimmblase bei einigen Gattungen der Siluroiden und ähnliche Structuren bei anderen Fischen beschreibt. Er sagt: „Die meisten Fische sind nicht im Stande, willkürlich die Luft der Schwimmblase zu verdünnen. Die Muskeln der Schwimmblase sind der Verdichtung der Luft bestimmt. Ganz verschieden ist eine bei mehreren Gattungen von Flussfischen von mir entdeckte Einrichtung, wo die Verdichtung und Verdünnung unter die Action zweier im Fische selbst wirksamer und entgegenstrebender Kräfte gesetzt sind, so zwar, dass die Verdichtung beständig wirksam ist, und von der Elasticität einer Feder herrührt, die Verdünnung aber von der Action und Ausdauer vitaler Muskelkräfte abhängt, welche die Feder ausser Erfolg setzen. Die Fische werden ohne Intension dieser Kräfte in der Tiefe schweben, welche ihrem specifischen Gewicht bei dem Zustande der Verdichtung der Luft in der Schwimmblase entspricht, durch die Wirkung der Muskeln aber nach der Oberfläche steigen, umgekehrt von dem Verhalten der meisten Fische.“ Ausführlicher bespricht Joh. Müller die Wirkung der Schwimmblase in der zweiten Abhandlung vom Jahre 1845. „Die Erhaltung des Gleichgewichts des Fischkörpers“, sagt er, „ist von der Schwimmblase unabhängig, diese ist ihm dazu eher hinderlich, als förderlich, vielmehr wird das Gleichgewicht, dass der Fisch nämlich horizontal schwebend, den Rücken nach oben behält, allein durch die Thätigkeit der Flossen und zwar theils durch die horizontalen Flossen, noch

---

[1] Joh. Müller, *Handbuch der Physiologie des Menschen.* Coblenz 1840.

[2] Joh. Müller, Beobachtungen über die Schwimmblase der Fische mit Bezug auf einige neuere Fischgattungen. *Dies Archiv.* 1842. S. 307; — Physiologische Bemerkungen über die Statik der Fische. *Ebend.* 1845. S. 456.

mehr aber und schon allein hinreichend, durch die verticalen Flossen behauptet.“ Die Richtigkeit dieser Behauptung beweist Müller dadurch, dass er den Fisch seiner Flossen beraubt und die Veränderung der Gleichgewichtslage constatirt. Zu bemerken ist, dass sich bei ihm die ganz richtige Anschauung über die Veränderung des specifischen Gewichts der Luft in verschiedenen Höhen und Tiefen entsprechend dem Mariotte-Boyle'schen Gesetz findet. — Er giebt aber ferner an: „die mit einer Schwimmblase versehenen Fische sind doch oft schwerer als Wasser. Ein lebender Hecht, dem ich die horizontalen Flossen, auch die After- und Rückenflosse, abgeschnitten hatte, sank ganz unter“ und belegt diese Anschauung durch weitere in demselben Sinne ausgeführte Experimente.

Bergmann[1] befindet sich, wie er es selbst in einer Anmerkung ausspricht, in einem Gegensatz zu den Anschauungen Joh. Müller's. Indem er die Function der Fischblase von den verschiedensten Gesichtspunkten aus betrachtet, ist es äusserst schwer, sich in seine Vorstellungen hinein zu leben, an verschiedenen Stellen macht er Annahmen, welche mit den physikalischen Gesetzen nicht in Einklang zu bringen sind. Im Folgenden mögen diejenigen Stellen hervorgehoben werden, die zu einer falschen Vorstellung führen und auf welche später näher eingegangen werden soll.

S. 415: „Man muss sich aus der Physik erinnern, dass das Wasser sich durch Druck nur sehr wenig verdichtet, also auch von der Oberfläche nach der Tiefe hin nur sehr wenig an specifischem Gewicht zunimmt. Macht sich also ein Fisch durch Compression der Schwimmblase um etwas schwerer, als das Wasser an der Oberfläche ist, so könnte er schon sehr tief einsinken, ehe er in Wasserschichten käme, die seinem jetzigen specifischen Gewicht entsprächen.“ [2]

S. 416: „Namentlich ist es nicht wahrscheinlich, dass irgend ein mit Schwimmblase versehener Fisch im Stande sein wird, sehr verschiedene Tiefen zu besuchen; und er wird dies um so weniger vermögen, je grösser seine Schwimmblase ist, und je geringer, wenn er sich in der Höhe befindet, die Spannung derselben ist.“ — Wir werden später sehen, dass genau das Gegentheil der Fall ist.

Dasselbe gilt von folgender Stelle: „Es ist natürlich, dass der Fisch, dessen specifisches Gewicht mit jedem Augenblick des Sinkens zunimmt, einen um so grösseren Kampf mit seinem specifischen Gewicht haben wird, je tiefer er sich hat sinken lassen und das Verhältniss für ihn um so ungünstiger ist, je mehr er comprimirt war, d. h. mit anderen Worten, je

---

[1] C. Bergmann und R. Leuckart, *Vergleichende Anatomie und Physiologie.* S. 142.

[2] Dass die Compressibilität des Wassers nicht in Betracht kommen kann, darauf hat bereits Joh. Müller a. a. O., S. 458 (Anmerkung) hingewiesen.

grösser die Schwimmblase, der comprimirbare Theil an ihm, ist. Mit jedem Augenblick weiterer Annäherung an die Oberfläche aber wird das Steigen leichter.“

Endlich: „Es wird gewiss viel gesagt sein, wenn wir beispielshalber annehmen, dass ein Fisch, der ruhig an der Oberfläche schwimmt, die Luft seiner Schwimmblase auf die Hälfte seines Volumens verdichtet hat. Sinkt er nun durch eine kleine Vermehrung dieses Druckes unter, so hat er es bis zu einer Tiefe von 32′ in seiner Gewalt, durch Nachlassen der Spannung seine Schwimmblase grösser werden zu lassen, als sie anfangs war, und folglich hat er es bis zu dieser Grenze in seiner Gewalt, die absteigende Bewegung in eine aufsteigende zu verwandeln, ohne einen Muskel anzustrengen, lediglich durch Nachlassen der Spannung der Blase.“

Die bisher citirten Autoren geben die Anschauungen wieder, welche man bis zu dem heutigen Tage über die Function der Schwimmblase als Bewegungsorgan geäussert hat. Wenn in dieser kurzen Uebersicht nicht alle Autoren genannt sind, welche diesen Gegenstand bearbeitet haben, so hat dies darin seinen Grund, dass in den nicht citirten Schriften andere Anschauungen, als die bereits angeführten nicht niedergelegt sind. Die letzte mir bekannt gewordene Arbeit, jene des französischen Gelehrten Carbonnel-Salle ist wieder auf dem Standpunkt angelangt, der Schwimmblase eine besondere Function abzusprechen. Mag man nun auch die respiratorische Function, welche der Schwimmblase der Fische zukommt, besonders in Betracht ziehen, das mechanische System, welches uns ein mit einer Blase ausgestatteter Fisch darstellt, nämlich die Verbindung eines festen Körpers von nahezu unveränderlichem Volumen mit einem luftförmigen, durch jede äussere Einwirkung einer Variation des Rauminhaltes ausgesetztem Theile unterliegt als solche bestimmten physikalisch-mechanischen Gesetzen, denen sich ein solches System fügen muss.

Von vornherein leuchtet ein, dass, um eine richtige Vorstellung über den Einfluss der Schwimmblase auf die Bewegung des Fisches zu gewinnen, diejenigen Erfahrungen benutzt werden müssen, die sich aus den Eigenschaften des Boyle'schen Schwimmers ergeben. Um diesen Vergleich des Fisches mit einem solchen System zu ermöglichen, muss zunächst die eine Thatsache constatirt werden, dass das specifische Gewicht des Fischkörpers ohne Blase grösser als 1 ist. Dass dies der Fall ist, beweist einmal der angeführte Borelli'sche Versuch, dass der Fisch mit gesprengter Blase auf dem Boden des Gefässes schwimmt, ohne sich erheben zu können. Direct zeigen es die in der unten mitgetheilten Tabelle niedergelegten Zahlen. Wenn Joh. Müller fand, dass durch Abschneiden der Flossen der Fisch specifisch schwerer, als Wasser wurde, obgleich er die Blase noch enthielt, so ist dies nicht als Gegenbeweis aufzufassen; es zeigt nur, dass

das ganze System specifisch schwerer geworden sei, ein Vorgang, der dadurch zu erklären ist, dass der Fisch in Folge des operativen Eingriffs seine Blase contrahirt hat. Diese Erklärung giebt übrigens Joh. Müller a. a. O. S. 459 selber zu. Eine Plötze, welcher er das Gehirn durchschnitten hatte, sank ebenfalls zu Boden.

Ferner muss erwiesen werden, dass der Fisch bei physiologischer Füllung seiner Blase hinreichend viel Luft aufgenommen hat, um an der Oberfläche schwimmend ein mittleres specifisches Gewicht, welches <1 ist, zu haben; es wäre ja die Möglichkeit vorhanden, dass derselbe, wenn auch nur wenig, specifisch schwerer, als das Wasser sei, indem er mit einer zu geringen Menge Luft verbunden ist, und dann mit Hülfe seiner Flossen im Stande ist, sich mit Leichtigkeit bewegen zu können; mit dieser Annahme würde der Borelli'sche Versuch nicht in Widerspruch stehen, indem er nur zeigen würde, dass bei einem der Blase beraubten Fische die Kraft der Flossen nicht mehr ausreicht, um die Wirkung der Schwere zu compensiren.

Ein sehr einfacher Versuch zeigt, dass in der That das Quantum der in der Fischblase enthaltenen Luft genügt, um das mittlere specifische Gewicht der Fische kleiner als 1 zu machen. Exenterirt man einen Fisch ohne die Schwimmblase zu verletzen, so sinkt er zu Boden, wird nun die Schwimmblase an ihm befestigt, so steigt er sofort in die Höhe. Die folgenden Versuche dienen als weitere Bestätigung.

Es wurde das specifische Gewicht von einigen exenterirten Rothfedern in Petroleum bestimmt,[1] da bei Anwendung von Wasser und Salzlösungen der Einfluss der Diffusion genauere Wägungen unmöglich macht, ferner wurde das Quantum der in der Blase enthaltenen Luft eudiometrisch gemessen. Die Resultate dieser Bestimmung enthält die folgende Tabelle.[2]

---

[1] Hr. Dr. Hilgendorf hatte die Freundlichkeit, die von mir benutzten Fische zu bestimmen; er schreibt: „Die mir heute zugesandten Fische sind sämmtlich Leuciscus (Scardinius) erythrophthalmus L., welcher passend als „Rothfeder" bezeichnet wird, während der Name „Plötze" für Leuc. rutilus L. reservirt werden sollte. „Rothaugen" heissen wohl beide Fische gemeinsam."

[2] Bemerkungen: 1. Zu sämmtlichen hydrostatischen Wägungen wurde ein und derselbe Platindraht von 0·852 ^{grm} Gewicht benutzt. Es wurde darauf geachtet, dass bei allen Wägungen ein ganz bestimmter Theil des Drahtes in der Flüssigkeit sich befand. Die Messung ergab, dass der eingetauchte Theil fast $^1/_4$ der ganzen Drahtlänge betrug. Das specifische Gewicht des Platins = 21 angenommen, ergab dies eine Correction von 0·844 ^{ccm}, welche in den Angaben der zweiten Columne schon berücksichtigt ist.

2. Um sicher zu sein, dass keine Luft in dem Fische bei Anstellung der Wägung in Petroleum zurückgeblieben war, wurde der aufgeschnittene Bauch des Fisches durch zwei kleine Stücke Kupferdraht geöffnet erhalten; das Gewicht derselben betrug 0·32 ^{grm}. Das specifische Gewicht des Kupfers wurde = 8·9 angenommen und damit die nöthige Correction berechnet, welche ebenfalls in der Tabelle schon enthalten ist.

Nummer	Gewicht des Fisches ohne Blase	Gewicht der Blase	Scheinbares Gewicht des Fisches in Petroleum	Specif. Gewicht des benutzten Petroleum	Luftinhalt d. Blase auf 760mm reducirt	Temperatur	Barometerstand	Specifisches Gewicht des Fisches ohne Blase	Specifisches Gewicht des Fisches mit Blase
1	43·79grm	0·51 grm	10·88 grm	0·8066	3·53ccm	18°	746 mm	1·073	0·9886
2	30·63 „	0·38 „	7·70 „	0·8066	2·84 „	18°	746 „	1·077	0·9805
3	60·04 „	0·64 „	15·06 „	0·8091	5·44 „	13°	752 „	1·080	0·9846
4	31·08 „	0·33 „	7·55 „	0·8091	2·65 „	13°	752 „	1·069	0·9800
5	41·81 „	0·63 „	10·26 „	0·8091	3·24 „	13°	752 „	1·072	0·9909
6	51·92 „	0·71 „	12·73 „	0·8091	4·32 „	13°	752 „	1·072	0·9854
Mittelwerthe								1·074	0·9850

Nach diesen Betrachtungen muss es gestattet sein, einen Fisch mit Schwimmblase denselben Erwägungen zu unterziehen, welche durch die Formel für den Boyle'schen Schwimmer gegeben sind. Es ist dabei gleichgültig, ob die Fische für ihre Blase einen Luftgang besitzen, wie die Aale, Störe und Malacopterygii (Joh. Müller[1]), oder ob bei geschlossenen Blasen der Wasser- und der Luftdruck durch die elastischen Wandungen auf dieselbe übertragen wird.

Es sei:

F = das Gewicht des Fisches ohne Luftinhalt der Blase.[2]
s = das specifische Gewicht des Fischkörpers,
L = das Gewicht der in der Blase abgesperrten Luft,
σ = deren specifisches Gewicht,

so ergiebt die Gleichung (4) der Entwickelungen beim Boyle'schen Schwimmer, dass es eine ganz bestimmte Tiefe giebt, in welcher der Fisch das specifische Gewicht des Wassers hat. Die horizontale Ebene, welche in dieser Tiefe durch seinen Schwerpunkt gelegt werden kann, soll als seine Gleichgewichtsebene bezeichnet werden. Oberhalb desselben ist sein specifisches Gewicht < 1 und zwar um so kleiner, je mehr er sich der Oberfläche nähert, da σ einen immer kleineren Werth annehmen muss. Nennen wir den Raum, den das Wasser bis zu jener Tiefe einnimmt, die Hydrosphaere des Fisches, so ist dieselbe also als das Gebiet charakterisirt, in welchem der Fisch leichter als das Wasser ist. Innerhalb der Hydrosphaere wird er sich nun, je mehr er sich der Gleichgewichtslage nähert, mit immer grösserer Leichtigkeit bewegen, weil mit der Annäherung an dieselbe die Differenz seines specifischen Gewichts und

[1] Joh. Müller, a. a. O. S. 460.

[2] Die später angegebenen Zahlen beziehen sich allerdings nicht auf das absolute Gewicht; der übrigen Fehlerquellen wegen wurde dasselbe nicht berechnet.

des Wassers immer kleiner wird. Hierdurch widerlegt sich die Annahme Bergmann's, welcher glaubt, dass mit der Zunahme des specifischen Gewichts für einen Fisch, welcher von der Oberfläche nach unten schwimmt, die Bewegung erschwert wird, und ebenso die Annahme von Joh. Müller, dass die Schwimmblase das Schwimmen in den oberen Regionen erleichtere. Man sieht ferner entgegen der weiteren Annahme Bergmann's, dass von zwei Fischen mit gleichem Gewicht derjenige, der eine grössere Schwimmblase hat und dieselbe bis zum physiologischen Maximum gefüllt hat, eine grössere Hydrosphaere besitzt, als derjenige, dessen Schwimmblase kleiner ist. — Denn wenn L im Nenner wächst (Gleichung 4), wird derselbe kleiner, h also grösser werden.

Es wurde versucht, bei Fischen, welche in der Gefangenschaft leben, die Ausdehnung der Hydrosphaere zu bestimmen. Hierzu wurde die auf S. 156 angegebene Tabelle benutzt, indem die sich aus ihr ergebenden Daten in Gleichung (4) eingesetzt wurden. Dies ergab für die untersuchten Fische in derselben Reihenfolge wie dort, die Werthe $1 \cdot 94^{\mathrm{m}}$, $3 \cdot 03^{\mathrm{m}}$, $2 \cdot 28^{\mathrm{m}}$, $3 \cdot 35^{\mathrm{m}}$, $1 \cdot 49^{\mathrm{m}}$, $2 \cdot 37^{\mathrm{m}}$.

Die geringe Ausdehnung der Hydrosphaere erklärt sich wahrscheinlich dadurch, dass die Fische sich den räumlichen Verhältnissen ihres Aufenthaltsortes, in unserem Falle der Piscine von geringer Höhe anpassen.

Was die Anschauung Bergmann's anbetrifft, dass ein Fisch, der an der Oberfläche des Wassers seine Luft bis etwa auf die Hälfte comprimirt hat, bis zu 32′ niedergehen und durch Loslassen seiner Spannung wieder von selber in die Höhe gehen könne, so ist dieselbe nicht zutreffend. Der Fisch kann sich nur dann von selber wieder erheben, wenn die Tiefe von 32′ innerhalb seiner Hydrosphaere liegt, oder diese gerade 32′ beträgt. Dieselbe ist aber in jedem Falle verschieden. Es wird immerhin vorkommen können, dass Fische eine Hydrosphaere $= 32'$ oder $< 32'$ haben können, von der Möglichkeit eines solchen Falles kann man sich durch Rechnung überzeugen. Ein 100^{grm} schwerer Fisch, von specifischem Gewicht $= 1 \cdot 075$ angenommen, müsste an der Oberfläche beim normalen Barometerstand ein Luftvolumen von $13 \cdot 96^{\mathrm{ccm}}$ in seiner Blase haben, um eine Hydrosphaere von der genannten Ausdehnung zu besitzen. Man ersieht aus dieser Betrachtung, dass die Vorstellung Bergmann's sich nur auf einzelne Fälle beziehen kann und dass keine Gesetzmässigkeit seiner Anschauung zu Grunde liegt.

Nach den vorhergehenden Erörterungen könnte es fast scheinen, als ob ein Fisch nie zur Ruhe kommen könne, da sein Gleichgewicht ein labiles ist. Wir können jedoch beobachten, dass ein Fisch sich thatsächlich im Wasser in jeder beliebigen Stelle zur Ruhe bringen kann und bezeichnen dieses als das Schweben der Fische. Dieser Zustand kann nur ein

Balanciren sein, so dass also kein vollständiges Aufhören der Muskelaction des Fisches eingetreten ist, sondern dass er vielmehr durch Contractionsstösse, hervorgebracht durch die Musculatur sein Luftvolumen periodisch wechseln lassen muss, um jene scheinbare Ruhe nach aussen hin hervorzubringen. Diese Vorstellung erklärt es auch, dass er an jeder Stelle seiner Hydrosphaere seine äussere Bewegung hemmen kann. Hiermit steht die beim Cartesianischen Taucher beobachtete Erscheinung im Einklang, die eben sehr oft fälschlich als stabiles Gleichgewicht angesehen wurde. Durch periodisch selbst in grossen Intervallen wechselnden Druck auf die Gummimembran kann man denselben nämlich in jeder beliebigen Höhe des Cylinders in Bezug auf seine fortschreitende Bewegung zur Ruhe bringen. In dem Falle des Fisches entsprechen diesen Variationen des äusseren Druckes beim Taucher die periodischen Contractionen, welche sich jener durch seine Muskelkraft giebt. Die Auffassung Borelli's, der mit dem Schweben des Fisches eine absolute Muskelruhe verbunden glaubte, kann daher nicht richtig sein [1] und ebensowenig die von Joh. Müller angeführte Annahme, dass durch Druck der Seitenmuskeln auf die Blase die Ruhelage geschaffen werde, da er im Zusammenhang mit seinen übrigen Aeusserungen einen periodisch wechselnden Druck bei diesem Ausspruch nicht im Sinne gehabt haben kann. Auch die Anschauungen, welche Joh. Müller über die Gleichgewichtslage des Fisches äussert, dürften zu modificiren sein. Er nimmt an, dass die Fische zur Erhaltung des Gleichgewichts nur die Flossen benutzten und die Schwimmblase „dazu eher hinderlich als förderlich sei".[2] Er versucht dies dadurch zu zeigen, dass er einen Fisch der horizontalen Bauch- und Brustflossen beraubt, wonach sich der Fisch im Gleichgewicht erhält, während derselbe Fisch nach Entfernung der After- und Rückenflossen auf die Seite, ja sogar auf den Rücken sinkt. — Die Gleichgewichtslage eines Fisches wird zwar möglicherweise mit Hülfe besonderer mechanischer Vorrichtungen hergestellt, aber wesentlich dadurch, dass ein mit Schwimmblase versehener Fisch ein bestimmtes specifisches Gewicht annimmt; dieser Zustand giebt ihm die bequemste und natürlichste Gleichgewichtslage. Man kann dies durch einen Versuch nachweisen. Eine der Schwimmblase beraubte todte Rothfeder lag auf dem Boden des Gefässes auf der Seite, ging aber in eine horizontale Stellung mit aufgerichtetem Rücken über, als sie in eine Salzlösung von dem gleichen specifischen Gewicht wie der der Blase beraubte Fisch gebracht wurde. Wenn man auch mit Joh. Müller die Bedeutung der Flossen (als Balancirvorrichtung) zugeben kann, so zeigen die eben angeführten — wegen der

---

[1] Borelli, a. a. O.

[2] Joh. Müller, *dies Archiv.* 1845. S. 457.

Diffusion nur bei möglichst schneller Ausführung gelingenden — Versuche, dass der Fisch die bequemste Gleichgewichtslage findet, wenn sein specifisches möglichst nahe = 1 ist und dass die Lagen der Fische, welche Joh. Müller beobachtete, aus anderen Gründen erklärt werden müssen. Die vorher für die Hydrosphaere gegebenen Zahlen bei den Rothfedern zeigen, dass dieselbe in diesem Falle keine grosse Ausdehnung habe. Andererseits sehen wir nun, dass ein Fisch sich in ausserordentlichen Tiefen bewegen kann und dass, wie Biot angiebt, eine und dieselbe Fischart ihre Lebensbedingungen bei 1000 m unter dem Wasserspiegel und dicht unter der Oberfläche finden kann. Es muss daher versucht werden, diese Erscheinungen mit den vorher erörterten Eigenschaften des Fisches, sich immer innerhalb seiner Hydrosphaere zu bewegen und das specifische Gewicht dem des umgebenden Wassers möglichst gleich zu machen in Einklang zu bringen. Eine einfache Ueberlegung zeigt, dass der Fisch es in seiner Gewalt hat, seine Hydrosphaere zu vergrössern. Wir können annehmen, dass es im normalen Zustande für ein Fisch-Individuum ein Maximalvolumen der Fischblase giebt. Wir wollen des Weiteren voraussetzen, dass er unter der Oberfläche die Blase ad maximum gefüllt habe. Bewegt er sich dann nach unten, so wird die Blasenluft comprimirt und so für ein neues Luftquantum Raum geschaffen, durch dessen Aufnahme sich die Hydrosphaere nach Gleichung 4 vergrössert.

Es bezeichne L_0 das Gewicht des Luftinhaltes der Fischblase unter der Oberfläche, σ_0 das specifische Gewicht der Luft daselbst, so ist nach unserer Voraussetzung das Maximalvolumen der Blase $\frac{L_0}{\sigma_0}$; ist nun σ das specifische Gewicht der Luft in irgend einer Tiefe h unter der Oberfläche, P der äussere Luftdruck, so ist

$$\sigma = \sigma_0 \frac{P + h}{P}$$

bei erfolgter Maximalfüllung der Blase also in dieser Tiefe

$$\frac{L_0}{\sigma_0} \sigma_0 \frac{P + h}{P} = L_0 \frac{P + h}{P}$$

das nunmehr in ihr enthaltene Luftgewicht, welches die neue — nach (4) vergrösserte — Hydrosphaere bedingt. Denkt man sich nun beispielshalber, dass der Fisch, unmittelbar in die Nähe seiner Hydrosphaere angekommen, seine Blase immer von Neuem ad maximum füllt, so wird er dadurch seine Hydrosphaere tiefer und tiefer verlegen. Diese Aufnahme neuer Luft kann direct oder auch durch Gasabsonderung aus dem Blute geschehen. Wie die Natur zeigt, kann diese Aenderung der Hydrosphaere nur allmählich vor sich gehen; gerade wie der Fisch, welcher in Biot's Fall aus der Tiefe emporgezogen wird, ein so leichtes specifisches Gewicht bekommt,

dass er seine Bewegungen nicht mehr ausführen kann, so würde das Umgekehrte der Fall sein, wenn ein Fisch, dessen Hydrosphaere nahe unter der Oberfläche liegt, plötzlich in eine Tiefe von 1000 m herabgezogen würde. Die Verdichtung der Luft würde dann ein so hohes specifisches Gewicht erzeugen, dass auch hier die willkürliche Beweglichkeit des Fisches aufhören und er dann in die Tiefe versinken würde. Hiernach unterliegt es keinem Zweifel, dass die aus einer physikalischen Betrachtung sich ergebende Möglichkeit von der Tieferlegung der Hydrosphaere physiologisch nur in einem langsamen Fortschreiten verwirklicht werden kann. Anders gestaltet sich die Frage, ob überhaupt ein Fisch eine Grenze besitzt, bis zu welcher er die Hydrosphaere legen kann, mit anderen Worten, ob es in seiner Macht steht beliebige Tiefen aufzusuchen. Dass dieses nicht der Fall ist, dass es also thatsächlich eine absolute Grenze für seine Hydrosphaere giebt, lässt sich folgendermaassen erweisen. Für irgend eine Hydrosphaerengrenze findet die Gleichung statt (1):

$$\frac{F}{s} + \frac{L}{\sigma} = F + L.$$

Führt man nun in diese Gleichung das vor der Maximalfüllung vorhandene Volumen V der Luft in der Schwimmblase ein, so ist

$$\frac{L}{\sigma} = V, \text{ also } L = V\sigma, \text{ sonach:}$$

5) $$\frac{F}{s} + V = F + V\sigma, \text{ daher:}$$

6) $$V = s\,\frac{\left(1 - \frac{1}{s}\right)}{1 - \sigma}.$$

Mit wachsender Tiefe wird σ grösser, da allgemein

$$\sigma = \sigma_0 \frac{P + h}{P}$$

ist; $1 - \sigma$ wird also kleiner, $\frac{1}{1-\sigma}$, somit wieder grösser; V wächst also mit zunehmender Ausdehnung der Hydrosphaere, d. h. das Volumen, welches die Luft an irgend einer Stelle hat, wo das mittlere specifische Gewicht des Fisches gleich dem des Wassers ist, wird um so grösser, je tiefer die betreffende Gleichgewichtslage liegt. Da nun σ durch hinreichende Vergrösserung von h beliebig wächst, so folgt, dass auf diese Weise V wirklich einmal den Werth des Maximalvolumens erreichen wird, d. h. es wird ein Moment kommen, wo die Neufüllung der Blase und somit eine weitere Ausdehnung der Hydrosphaere nicht mehr eintreten kann. Um

nun die Grösse dieser maximalen Hydrosphaere zu ermitteln, haben wir nach (6), wenn mit V_0 das physiologische Maximalvolumen bezeichnet wird:

$$\sigma = 1 - \frac{F}{V_0}\left(1 - \frac{1}{s}\right)$$

Bezeichnen wir die äusserste Grenze der Hydrosphaere mit H, so ist, da $\sigma = \sigma_0 \frac{P + H}{P}$ ist,

$$7)\qquad H = -P + \frac{P}{\sigma_0}\left[1 - \frac{F}{V_0}\left(1 - \frac{1}{s}\right)\right]$$

oder, da $V_0 = \frac{L_0}{\sigma_0}$ ist,

$$8)\qquad H = P\left(\frac{1}{\sigma_0} - 1\right) - P\frac{F}{L_0}\left(1 - \frac{1}{s}\right)$$

Beispielshalber sei $F = 50^{\text{grm}}$, ferner $\frac{L^0}{\sigma_0} = 4^{\text{cm}}$, $s = 1\cdot075$, $P = 10\cdot33$, $\sigma = 0\cdot0012129$ bei 18°, so ergiebt sich, die Zahlenwerthe in (8) eingesetzt

für die erste Hydrosphaere $h = 1\cdot50^{\text{m}}$,

für die absolute Hydrosphaere $H = 1078\cdot97^{\text{m}}$.

Es fehlen in der Litteratur leider die Daten, welche es ermöglichen würden, die thatsächlichen Verhältnisse ohne Weiteres mit den meiner Betrachtung zu Grunde gelegten Annahmen zu vergleichen; vielleicht dienen diese Zeilen dazu, eine Anregung für weitere Messungen zu geben, um auf diese Weise die Hydrosphaeren der Fische zu berechnen. Als Maximalvolumen dürfte der Rauminhalt zu betrachten sein, welchen die Luft in der Blase einnimmt, wenn die Fische in flachen Gefässen vor der Messung gelebt haben. — Die Temperaturverhältnisse bedürften selbstverständlich einer Correction.

Mit Zugrundelegung der vorliegenden Rechnungen dürfte man vielleicht zu dem Resultate kommen, dass, da jeder Fisch mit Schwimmblase eine begrenzte Hydrosphaere besitzt, dieselbe vielleicht für solche Fische der verschiedensten Art innerhalb nicht sehr grosser Grenzen eine gemeinsame sei.[1]

---

[1] Die aus den Daten (S. 156) sich berechnenden absoluten Hydrosphaeren liegen allerdings zwischen 1000 und 2000 m, nämlich 1234·8; 1857·5; 1447·3; 1960·8; 996·6; 1514·4. — Bei der Berechnung wurde die Temperatur der Tabelle benutzt.

Die künstliche Verarmung der Leber an Glykogen.

Von

Dr. A. Slosse.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Bei Gelegenheit meiner Versuche über die Abhängigkeit der Harnabsonderung von dem Blutstrom[1] durch den Darmcanal und seine Drüsen fand ich die Leber der operirten Hunde wiederholt frei von Glykogen. Obwohl in der Leber der Hunde — sie waren vordem mit Fleisch gefüttert und hatten 48 Stunden gefastet — bei dem Eintritt in die Operation nur ein geringer Gehalt an Glykogen zu erwarten war, so erschien mir doch das vollständige Schwinden desselben schon wenige Stunden nach Unterbrechung des Blutstromes beachtenswerth genug. Gesetzt, man wollte die ihres Blutstromes beraubte Leber mit der todten vergleichen, so wäre fünf bis sechs Stunden nach der vollführten Unterbindung der Darmarterien immer noch ein Antheil von Glykogen zu erwarten gewesen, da nach den Bestimmungen von Böhm[2] und Hoffmann, Seegen[3] und Kratschmer noch 24 Stunden nach dem Tode mehr als die Hälfte des ursprünglich vorhandenen Glykogens gefunden wird.

Um zu erfahren, ob sich in der blutarmen, im lebenden Thier verweilenden Leber das Glykogen rascher als nach dem Tode vermindere, habe ich die Unterbindung der Arterien an Kaninchen vorgenommen, welche einige Tage vorher mit Brot und Hafer gefüttert worden waren.

---

[1] *Dies Archiv.* 1890. S. 482.

[2] *Archiv für experimentelle Pathologie.* Bd. X; — Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXIII.

[3] Pflüger's *Archiv* u. s. w. Bd. XXII.

Aus einer grösseren Schaar von Kaninchen wurden des Vergleichs wegen je zwei ausgewählt, die sich möglichst ähnlich waren; wenn ihnen drei bis vier Tage hindurch nach Belieben Brot und Hafer gegeben war, wurden an einem derselben die Arterien unterbunden, das andere aber, nachdem die Wunde des ersteren vernäht war, getödtet, und sogleich an der herausgenommenen und feucht gewogenen Leber die Untersuchung auf Glykogen begonnen. Nachdem das Thier mit unterbundenen Arterien abgestorben war, wurde ebenfalls die Leber sogleich herausgenommen und verarbeitet. Die Bestimmung des Glykogens geschah nach der Vorschrift von Külz. Auf gleiche Weise wurde mit drei Paaren vorgegangen. Das Ergebniss drücke ich durch den Procentgehalt an Glykogen in der feuchten Leber aus.

	Glykogengehalt der Leber des unversehrten Thieres	Glykogengehalt der Leber des Thieres mit unterbundenen Arterien	Lebensdauer des Thieres nach der Operation
I	10·849 Procent	3·380 Procent	5 Stunden
II	10·190 „	1·578 „	6 „
III	6·461 „	0·735 „	11 „
Mittel	9·166 „	1·898 „	7 „

Vielleicht ist es nicht zufällig, dass der Gehalt der Leber an Glykogen um so niedriger gefunden wurde, je länger die Thiere nach überstandener Operation gelebt hatten.

Aus der Gegenüberstellung der Zahlen leuchtet ein, dass die Leber, die ihren Blutstrom einbüsste, ungemein rasch ihr Glykogen mindert; jede Art der Vergleichung lehrt dieses. Denn es verhält sich der geringste Procentwerth des unversehrten zum grössten des operirten Thieres = 1:0·52; der grösste Procentwerth des unversehrten zum kleinsten des operirten Thieres = 1:0·07, und der Mittelwerth des unversehrten zu dem des operirten Thieres = 1:0·21.

Im Hinblick auf diese Zahlen dürfte es kaum zweifelhaft sein, dass die ihres Blutstromes beraubte Leber innerhalb des lebenden Thieres weit rascher als im todten den Gehalt an Glykogen einbüsst. Worin die Ursache der Verschiedenheit liegt, bleibt dunkel.

Die Athemgrösse des Darms und seiner Drüsen.

Von

Dr. A. Slosse.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Da das Gas, welches durch die Lungenwand ein- und austritt, auf den mannigfachsten Wegen des Aortenbaumes kommt und geht, nach Maassgabe des Umsatzes in den durchströmten Gebieten, so wird man, soll die Athmung gänzlich verstanden werden, nach Verfahrungsarten suchen müssen, die uns den Beitrag der einzelnen Organe und Gewebe zur Athemgrösse bestimmen lassen.

Zu solchen Mitteln dürften Unterbindungen einzelner Arterienstämme gehören, wodurch der Strom in einem grösseren Bezirk gestaut wird, in allen anderen ungehemmt bleibt. Nach einem derartigen Eingriff wird in dem vorher bestandenen Verkehr an Gas ein Ausfall zu erwarten sein, weil das ausgeschaltete Gebiet vom Blute nichts mehr empfangen und ihm nichts mehr geben kann. Für das Athmungsbedürfniss der ausgeschalteten Orte giebt jedoch der Ausfall kein unmittelbares, vielmehr nur ein bedingtes Maass, weil sich nach der Abschnürung eines grossen Stromarmes und der Verödung des zugehörigen Gebietes nothwendiger Weise hydraulische und chemische Folgen in der von Blut durchflossenen Körpermasse einstellen müssen. Zu den unvermeidlichen treten dann noch zufällige Abweichungen, bedingt durch die veränderlichen Vorgänge in den durchbluteten Geweben und Organen. Die hieraus erwachsenden Schwierigkeiten für die Deutung des analytischen Ergebnisses theilt übrigens das hier in Frage kommende Verfahren mit allen anderen, welche den Beitrag bestimmen wollen, mit welchem ein beschränkter Theil des Körpers an der Gesammtathmung betheiligt ist. Sichere Unterlagen für ein abschliessendes Urtheil über das Bedürfniss und den Umsatz des Sauerstoffs innerhalb eines umschriebenen

Bezirkes dürften jedoch durch Umformungen des Versuchs zu gewinnen sein, die sich auf die Zustände der verödeten oder der durchströmten Wegstrecken beziehen zur Zeit, als die Arterie unterbunden wurde und unterbunden blieb.

Veranlassung zu dem Wunsche, die ausgesprochenen Vorstellungen an der Darmathmung zu verwirklichen, gaben mir die Versuche über den Einfluss, welchen die Umschnürung der Darmarterien auf die Harnabsonderung übt.[1] Der grösseren Handlichkeit wegen benutzte ich diesmal Kaninchen.

Vor ihrer Verwendung zum Versuch waren die Thiere einige Tage hindurch mit Kraut und Hafer gefüttert worden. Die Unterbindung der Art. coeliaca und der mesaraicae, wurde genau nach den für die Hunde aufgestellten Regeln ausgeführt; nach ihr verhielten sich die Kaninchen ähnlich den Hunden. Anfänglich boten sie kein Anzeichen krankhafter Störung, in der zweiten und dritten Stunde verfielen einzelne Muskeln vorübergehend in Krämpfe, die sich noch später verallgemeinerten. Fünf bis sechs Stunden nach der vollendeten Unterbindung trat der Tod ein. Bei der Section fand sich wiederholt die Wand des Magens durchlöchert und sein Inhalt in den Bauchfellsack übergetreten.

Die Bestimmung der Athemgase geschah zuerst am unversehrten Thier, dann unmittelbar nachdem die Operation vollführt war und darauf noch ein drittes Mal, so dass spätestens 1·5 Stunde nach der Unterbindung der Arterien die Messung der Athemgase abgeschlossen war. Sammlung und Analyse der Gase wurde nach dem von Sanders-Ezn[2] beschriebenen Verfahren geübt; der Raum in welchen das Thier athmete, war mit der Lunge durch eine Luftröhrenfistel verbunden.

Von den mehrfach angestellten Versuchen verliefen nur drei ohne Störung. In zwei unter ihnen waren die Thiere annähernd gleich gross. Während sie mit dem Apparat zur Gasbestimmung verbunden waren, verhielten sie sich vollkommen ruhig.

	In der Minute		$\frac{CO_2}{O}$	Dauer der Beobachtung
	CO_2	O		
I. Vor der Unterbindung	20·02 ccm	25·52 ccm	0·78	15 Minuten
Nach der Unterbindung 1	11·27 „	14·65 „	0·77	28 „
Nach der Unterbindung 2	7·62 „	8·73 „	0·87	44 „
II. Vor der Unterbindung	23·69 ccm	31·90 ccm	0·74	14 Minuten
Nach der Unterbindung 1	16·97 „	22·80 „	0·74	20 „
Nach der Unterbindung 2	13·32 „	17·20 „	0·77	24 „

Die Gasvolumina gelten bei 0·76 Meter Hg-Druck und 0° C.

[1] *Dies Archiv.* 1890. S. 482.

[2] *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.* 1868; — *Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.* Bd. XIX.

Im Vergleich mit der Zeit vorher zeigt der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureausscheidung nach der Unterbindung einen bedeutenden Fehlbetrag. Den Bestimmungen gemäss, welche unmittelbar nach beendigter Unterbindung gewonnen wurden, verhält sich im unversehrten Zustande zu der nach Unterbindung in I. 1 die ausgeschiedene CO_2 wie 1:0·55 und die aufgenommene O wie 1:0·57 — und in II. 1 die CO_2 wie 1:0·71 und die O wie 1:0·71.

Da die Beobachtungen, in welchen sich die Athemgrösse so bedeutend vermindert erwies, eine halbe Stnnde nach der geschehenen Unterbindung schon beendet waren, und da bis zu diesem Termin hin in den Lebensäusserungen der Nerven, der Muskeln und des Blutstroms keine Abweichung vom gesunden Zustande sichtbar wird, so könnte es unverfänglich erscheinen, für den Fehlbetrag am Gasverkehr die Auschaltung der Darmathmung verantwortlich zu machen. Der Beitrag, welchen der Darm und seine Drüsen zu dem Gasaustausch lieferten, würde dann weitaus über das Verhältniss reichen, in welchem ihr Gewicht zum Gesammtkörper steht, was keineswegs unvereinbar mit der ausgesprochenen Annahme sein würde. Denn aus anderen Versuchen ist bekannt, dass ein sehr grosser Antheil des zum Herzen zurückkehrenden Blutes seinen Weg durch die Portalvene nimmt, wenn die Thiere mit ausgestreckten Gliedern auf dem Rücken liegen. Mit dem Verschluss der V. portae oder der V. hepatica sinkt der Umfang des Herzschlages und mit ihm der arterielle Druck sogleich herab. Und weil nun das aus der Leber kommende Blut in ausgeprägtem Grade venös ist, so würde es sich erklären, dass unter den Bedingungen meiner Beobachtungen nach Anschluss des Portalstromes ein ungewöhnlich hoher Ausfall in der Athemgrösse stattfinden müsste.

Obwohl nicht unmöglich, so ist es doch nicht wahrscheinlich dass unter den gegebenen Bedingungen dreissig bis vierzig Procent des Gaswechsels der Lunge durch die Darmathmung bestritten wird. Dass nach der Abschliessung des Portalstromes der Umsatz in den übrigen noch von Blut durchflossenen Massen unverändert geblieben sei, wesshalb der Unterschied zwischen vorher und nachher allein in dem Ausfall der Darmathmung bestanden habe, wird aus der Fortsetzung der Beobachtung unannehmbar.

Aus der zum ersten Male vorgenommenen Bestimmung ergiebt sich, dass die Lebhaftigkeit der Athmung noch weiter und zwar beträchtlich abgenommen hat. Die in der zweiten Ausmessung nach Unterbindung der Darmarterien ausgeschiedenen CO_2-Mengen verhalten sich in I = 1:0·38 und die aufgenommenen O-Mengen wie 1:0·34. Und damit übereinstimmend in II die CO_2-Mengen = 1:0·52 und die O-Mengen wie 1:0·53. — Gegen die erste Bestimmung nach der Stopfung des Portalstromes hat bei beiden Thieren die Einheit der Athemgrösse um 0·2 abgenommen.

Ohne eine auf die Athmung gerichtete Untersuchung wäre aus dem sonstigen Verhalten des Thieres kaum Nachricht über das Absinken des lebendigen Umsatzes zu gewinnen gewesen, denn als die Zahlen erlangt wurden, war das Thier von Krämpfen wie von Hinfälligkeit noch verschont geblieben. Wie dem auch sei, jedenfalls nimmt die Bildung und der Verbrauch an Gasen in dem von Blut durchströmten Körpertheilen mit dem Fortschreiten der von der vollendeten Unterbindung der Arterien an gerechneten Zeit weiter und weiter ab. Diese Erfahrungen legen es nahe, zu schliessen, dass aus der Wechselwirkung des Blutes mit dem Darm und seinen Drüsen eine Bedingung, beziehungsweise ein Stoff erwachse, welcher die der Gewebsathmung zu Grunde liegenden Vorgänge anzuregen, zu beleben vermöge. Von der Bestätigung oder Widerlegung der eben ausgesprochenen Annahme wird es abhängen, ob ein unmittelbarer Aufschluss über die Athemgrösse des Darms und seiner Drüsen durch die Uuterbrechung ihres Blutstromes zu gewinnen ist.

Abweichend von den bis dahin mitgetheilten Erscheinungen sind diejenigen, welche ein dritter Versuch bot. Das Thier, von dem sie ausgingen, war noch jung, nicht ausgewachsen. Während des Sammelns der Athemgase, vor der Unterbindung der Arterien lag es ruhig, nach der letzteren bewegte es sich dagegen fast ununterbrochen. Die Messung führte zu den folgenden Zahlen.

	In der Minute		$\frac{CO_2}{O}$	Dauer der Beobachtung
	CO_2	O		
Vor der Unterbindung	12·2 ccm	17·2 ccm	0·71	23 Minuten
Nach der Unterbindung 1	15·43 „	20·68 „	0·74	21 „
Nach der Unterbindung 2	11·75 „	16·74 „	0·70	24 „

Trotz seiner abweichenden Ergebnisse muss ich den Versuch für einen gelungenen halten, weil sich während seines Verlaufs keine Unregelmässigkeit nachweisen liess.

Die Athemgrösse vor der Unterbindung ist diesmal kleiner oder nur gleich der nach der Operation, so dass man zu der Behauptung gelangen könnte, es nähme das Gebiet der Portalgefässe gar keinen Antheil an der Athmung. Mehr Wahrscheinlichkeit als diese würde die andere Annahme für sich haben, es sei durch die Bewegungen der Muskeln der Verlust ausgeglichen worden, welchen die Ausschaltung des Darmes und seiner Drüsen bedingt habe. Auch noch manches Andere liesse sich zur Erklärung vorbringen, ohne dass sich eine Entscheidung finden liesse.

Wenn nun auch meine Versuche keinen Abschluss bringen, so dürften sie doch darum werthvoll sein, weil sie ein neues Mittel zum Studium der Athmung nachweisen.

Muskeln und Klappen in den Wurzeln der Pfortader.

Von

Dr. H. Koeppe.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

Bedenkt man, wie schwierig sich die Verhältnisse für den Blutstrom im Gebiete der Pfortader schon dadurch gestalten, dass die Pfortader zwischen zwei Capillarsysteme eingeschaltet ist, und wie verschieden der Strom beeinflusst wird, je nachdem das Individuum steht, sitzt oder liegt, der Darm gefüllt oder leer ist, so würde man von häufigen Störungen in der normalen Richtung des Blutstromes nicht überrascht werden. Insbesondere fragt man sich, durch welche besondere Hülfsmittel es vermieden sei, dass ein grösserer oder kleinerer Theil des Darmes von venösem Blute rückläufig durchflossen werde, dadoch das Vorkommen von Klappen[1] im Pfortadergebiet in Abrede gestellt wird.

Wenn man in die Vena mesenterica sup. eine leichtflüssige Injectionsmasse einspritzt, so dringt diese rasch bis zum Ansatz des Mesenteriums am Darm vor, dann aber injiciren sich die Gefässe des Darmes ganz ungleichmässig; einzelne Stücke des Darmrohres haben sich durch die Injectionsmasse intensiv gefärbt, zum Zeichen, dass dieselbe bis in die feinsten Gefässe vordrang, während andere Stücke des Darmes weiss bleiben, weil die Injectionsmasse ein Hinderniss im Vordringen fand. Zur Erklärung

---

[1] Henle, *Gefässlehre.* S. 393 „Klappen kommen in diesen die Pfortader zusammensetzenden Venen ebensowenig wie in dem Stamme oder den von ihm ausgehenden Aesten vor"; — Chapman, *Treatise of Human Physiology.* p. 362 „there are no valves in the vena portae); — Hochstetter, *Dies Archiv.* 1887. Anat. Abth. S. 137 „das Vorkommen der Klappen ist ausschliesslich auf die Magenvenen beschränkt und das Gebiet, in welchem sie vorkommen, mit dem pylorischen Ring scharf begrenzt."

dieser Thatsache hält J. P. Mall[1] es für „wahrscheinlich, dass die Venenäste, von welchen aus das zugehörige Darmstück nicht zu füllen war, durch ihre eigenen Muskelringe verschlossen würden". Versuche mit Injectionen bei besonders hohem Druck, Injectionen mit defibrinirtem Blute in die Venen eines überlebenden Darmes unmittelbar nach dem Tode des Hundes, elektrische Reizung des Darmes, alles das vermochte an dem Resultate nichts zu ändern, und es war anzunehmen, dass in der That der Grund für diese auffallende Beobachtung in dem anatomischen Bau der Venen zu suchen sei. Es wurde mir deshalb von Hrn. Professor C. Ludwig die Aufgabe gestellt, die Venen in Bezug auf die Anordnung ihrer Musculatur und etwa vorhandener Klappen zu untersuchen. Nachdem ich schon zu einem positiven Resultate gediehen war, gelangte eine Arbeit von J. Bryant[2] über diesen Gegenstand zu meiner Kenntniss. Dieser Autor weist die Klappen durch Injection mit einer erstarrenden Masse nach und nimmt für die Stelle, wo sich auch die feinsten Venen füllen, eine Insufficienz der Klappen an. Wie er auf diese Weise eine doppelte oder dreifache Reihe von Klappen sichtbar machen konnte, ist mir nicht klar geworden.

Von meiner Seite wurde von vornherein von einer Injection der Vene mit einer erstarrenden oder körnigen Masse abgesehen, damit sich die Venenwand möglichst klar und unverletzt erhalte. Um ein Verwechseln zwischen Arterie und Vene zu vermeiden, wurde die Arteria mesenterica superior mit flüssigem Berliner Blau injicirt und die Injection unterbrochen, sobald die Masse bis zu den Capillaren vorgedrungen war. Dann wurde eine Canüle in einen Zweig der Darmvene eingesetzt und dieselbe mit einer gesättigten Lösung von Kaliumbichromat injicirt. Das noch vorhandene Blut wurde durch die offenen Venenzweige hinausgespült, die Venen füllten sich prall und klar, der Darm färbte sich theilweise roth, zum Theil blieb er weiss. Der gesammte Darm wurde dann mit dem Mesenterium herausgenommen, von seinem Inhalte gereinigt und in Kaliumbichromatlösung gehärtet. Zur Untersuchung der Venen wurde ein Stück von ca. 10 bis 20 ^{cm} Länge, das zum Gebiete eines oder mehrerer Venenäste gehörte, abgeschnitten, auf einer Glasplatte mit dem Mesenterium ausgebreitet, eine Canüle in die Vene eingebunden und mittels einer hochgestellten Flasche eine dauernde Injection mit Kaliumbichromatlösung unterhalten. Die blutenden Venenäste wurden

---

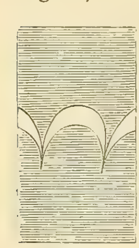
[1] J. P. Mall, *Die Blut- und Lymphwege im Dünndarm des Hundes.* Leipzig 1887.

[2] J. Bryant, *Boston Medical and Surgical Jonrnal.* 1888. Vol. II. p. 400: „the valves were found in the whole length of the intestine with only here and there a spot, where the injecting mass had entered the fine veins. In these places there was usually some indication of the presence of an incompetent valve. The valves usually occurred in a double series, more rarely triple or single".

unterbunden und nun konnten die prall gefüllten Venen herauspraeparirt werden. Dies geschah mit einer geschliffenen Staarnadel und zwar wurden die Venen mit Hülfe der Lupe durch die Längsmusculatur des Darmes hindurch bis in die Kreismusculatur tief hinein verfolgt und isolirt, wobei die blau injicirten Arterien als Wegweiser zur Auffindung der nicht injicirten Venen dienten. Die isolirten Gefässe wurden herausgeschnitten, sorgfältig ausgewaschen und mit Haematoxylinlösung gefärbt. Dann wurden sie auf dem Objectträger ausgebreitet und unter der Praeparirlupe mit Nadeln von ihrer Adventitia befreit.

So wurde die Structur der Media sichtbar gemacht, denn während sich beim Herauspraepariren aus dem Darm und der sie umschliessenden bindegewebigen Hülle die Vene als ein vollkommen glattes Rohr darbot, von dem auch die letzten feinen noch anhaftenden Fasern entfernt werden konnten, hatte sich durch das lange Verweilen des Gefässes im Wasser und der Färbeflüssigkeit die Adventitia gelockert und umgab als ein wirres Fasergewebe die Media. Die abgezogene Adventitia stellte sich dar aus längsgefasertem Bindegewebe, Netzen elastischen Gewebes und längsverlaufenden glatten Muskelfasern.

Nach der oben erwähnten Vorbereitung war die Ringmusculatur gleichmässig klar sichtbar und liess sich ohne Unterbrechung bis in die feinsten Aestchen hinein verfolgen. Diese gleichmässige Structur der Gefässwand wurde durch scharfe halbmondförmige, dunklere Linien unterbrochen, welche den gefärbten Klappen entsprachen. Durch Aufschneiden der Gefässwand und Auseinanderbreiten derselben wurden Praeparate gewonnen, welche zeigten, dass die Klappen ganz wie die der Körpervenen aus zwei Taschen bestanden. (s. Fig. 1.) Es gelang auch, an der aufgeschnittenen und ausgebreiteten Vene die Klappen von der Gefässwand in die Höhe zu ziehen und abzuheben, sowie die letztere bis zum Ursprung der Klappe wegzuschneiden und die Klappe wieder auszubreiten, so dass sie nun nicht mehr auf die Venenwand, sondern direct auf den Objectträger zu liegen kam. An solchen isolirten Klappen waren vom Endothel nur vereinzelte Zellen zu sehen, im Uebrigen waren sie aus fibrillärem Bindegewebe, elastischen Fasern und reichlichen glatten Muskelfasern gebildet, welche letztere die Fortsetzung schräg angeordneter Muskeln der Gefässwand zu sein schienen.


Fig. 1.

Um das Gebiet der Pfortader, wo sich Klappen finden, zu bestimmen, wurde eine Canüle in den Stamm der Pfortader eingebunden, das Peritoneum und der Darm auf einer grösseren Glasplatte ausgebreitet, durch die Vene reichlich Wasser zum Auswaschen der Kaliumbichromatlösung laufen gelassen, die Vene dann mit Haematoxylin gefärbt und wieder aus-

gespült. Die Vene wurde dann aus dem umliegenden Gewebe herauspraeparirt, ausgeschnitten und mit der Lupe auf Klappen untersucht. Ueberall in den Peritonealvenen war die Innenwand vollkommen glatt, nirgends war eine Andeutung von Klappen oder Klappenrudimenten zu finden. Dasselbe war auch der Fall in den dem Darm annähernd parallel gehenden Sammelvenen, in welche die kurzen und langen Darmvenen münden. Dieses klappenlose Gebiet der Pfortader war auch stets leicht und vollkommen zu injiciren. Anders die von den Sammelvenen ausgehenden kurzen und langen Darmvenen. 1 bis 2 mm, oft auch weniger, je nach der Grösse der Vene, vor ihrer Mündung in die Sammelvene trifft man auf die erste Klappe, der in kurzen Abständen weitere folgen bis in die feinen, die Ringmusculatur des Darmes durchsetzenden Venen, die zusammengefallen auf dem Objectträger noch nicht 2 mm breit sind. Auffallend ist dabei, dass vor der Vereinigung zweier Venenäste beide oder wenigstens der kleinere Ast Klappen zeigen. So liessen sich im Gebiete einer langen Darmvene auf einer Strecke von 7 mm neun Klappen hintereinander zählen, wobei auf den Hauptstamm zwei, auf die einmündenden Aeste sieben Klappen kamen. (s. Fig. 2.)

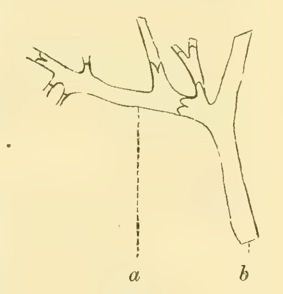


Fig. 2.
a Innenvene, *b* Wandvene.

Was nun die Stücke des Darmrohres anlangt, die von den Venen aus sich injicirten, so müsste für diese die Abwesenheit oder Insufficienz der Klappen angenommen werden. Jedoch auch hier zeigten sich die Venen mit Klappen versehen, die auch ganz gut functionirten, sobald der Darm gegen das Mesenterium annähernd rechtwinkelig gelagert war. Andererseits liess sich ein noch weisses Darmstück vollständig injiciren, sobald man das Mesenterium tangential gegen das Darmrohr stellte. Bei Prüfung einer einzelnen Klappe auf ihre Functionsfähigkeit zeigte sich ebenfalls, dass eine Knickung des Gefässrohres in nächster Nähe einer Klappe die Wirksamkeit desselben aufhob. Für das lebende Thier wird dieses Verhalten der Klappen wenig oder gar nicht in Betracht kommen, denn ein Vorkommen so grober Lageveränderungen lässt sich auch bei den verschiedenen Stellungen des Körpers und Füllungsgraden des Darmes kaum erwarten.

Das Gebiet der Pfortader lässt sich somit in drei Abschnitte eintheilen:

1. Ein Gebiet ohne Klappen mit starker innerer Ringmusculatur und äusserer Längsmusculatur: Stamm der Pfortader und ihrer Aeste bis zum Abgang der langen und kurzen Darmvenen.

2. Ein Gebiet mit Klappen und starker innerer Ringmusculatur und wenigen äusseren Längsmuskelfasern: lange und kurze Darmvenen.

3. Ein Gebiet ohne Klappen und Muskeln: die Netze in der Submucosa des Darmes.

Hierbei ist zu beachten, dass in Bezug auf die Musculatur diese Trennung keine scharfe ist, vielmehr nimmt die Längsmusculatur ganz allmählich nach den feinen Aesten zu ab, so dass zuletzt dort nur noch vereinzelte Fasern zu finden sind, wo die Ringmusculatur noch in ziemlicher Stärke vorhanden ist.

Verfolgt man nun die Pfortader in die Leber hinein und untersucht ihre Musculatur, so fällt zunächst ebenso wie bei den Mesenterialvenen der Reichthum an Muskelfasern überhaupt auf. Dagegen steht die Ringmusculatur den Längsmuskeln an Mächtigkeit nach, und hier sind es die Ringmuskeln, die nach den feineren Aesten hin stetig abnehmen, so dass schliesslich die feinsten Zweige nur noch Längsmuskeln zeigen.[1]

Es zeigt sich also, dass bei annähernd gleicher Entwickelung der Längs- und Ringmusculatur im Stamme der Pfortader, nach dem Darm zu die Ringmusculatur, in der Leber die Längsmusculatur die vorrherrschende ist.

Dieser Reichthum an contractilen Fasern im Pfortadersystem sowie die Anwesenheit von Klappen in demselben müssen einen wesentlichen Einfluss auf den Blutstrom in ihm ausüben. So ist in erster Linie dem Blutstrom in dem Gebiete mit Klappen eine bestimmte Richtung vorgeschrieben. Sobald aber die Darmvenen die Sammelvenen erreicht haben, ist dem Blute der Weg nach beiden Seiten freigegeben. Denn wie z. B. ein in der Verdauung begriffenes Darmstück für die nunmehr reichlichere Blutzufuhr nicht nur auf den dasselbe direct versorgenden Arterienzweig angewiesen ist, sondern durch die reichlichen Anastomosen Blut auch von den höher und tiefer gelegenen Arterien erhalten kann, so wird auch zur schnellen

---

[1] Stöhr, S. 112. „Einzelne Venen [V. portae, V. renalis] besitzen eine fast vollkommen ansehnliche Längsmuskelhaut.“

Heitzmann, *Microscopical Morphology of the animal body*, p. 338. „— in the V. portae and V. ren. these bundles [longitudinal bundles of smooth muscle], form an almost continuous layer“.

Kölliker, *Gewebelehre.* S. 574. „— contractile Längsbündel in den Stämmen der Lebervene im Stamme der V. portae — nur in der V. renalis und V. portae erstrecken sich diese Muskeln durch die ganze Dicke der Adventitia“.

Eberth, Stricker's *Handbuch der Gewebelehre.* Bd. I. S. 199. (II. Gruppe. Venen mit innerer ringförmiger und äusserer longitudinaler Musculatur: V. portalis III. Gruppe: Venen mit inneren und äusseren longitudinalen und mittleren transversalen Fasern: Aeste der Mesenterialvenen . . . . *Ebenda:* „Die Anordnung der Muskeln variirt also in einem und demselben Gefässbezirk. So enthalten die mittleren Aeste der Mesenterialvenen zwei Längsfaserschichten mit einer zwischenliegenden Ringfaserlage, während dagegen die Vena portarum schwache innere Ringmuskeln und ziemlich viel äussere Längsmuskeln besitzt.“

Abfuhr des venösen Blutes der Weg nicht nur in einer Richtung vorgeschrieben sein, sondern das Venenblut kann auch in die seitlichen unter geringerem Druck gelegenen Theile ausweichen. Durch die Anwesenheit von Klappen in den grossen Venen würde den Bahnen des Blutstromes nur eine unnöthige, bisweilen sogar schädliche Beschränkung auferlegt.

Für den Füllungsgrad der Aeste und Stämme der Venen sind dagegen die in ihren Wurzeln vorhandenen Klappen von grosser Bedeutung. Da sie den Rückfluss gegen die Darmwand hindern, so wird jeder kleine Druck hinter demselben, ausgeübt durch den Rest des arteriellen Druckes oder durch die Muskelcontractionen des Darmes, oder auch durch Bewegungen der Bauchwand summirt und auf die Blutsäule in den grossen Venen übertragen. So erklärt sich die Beobachtung J. P. Mall's, dass bei fortgesetzter elektrischer Reizung des Darms in der vor der Leber unterbundenen Pfortader ein höherer Blutdruck vorhanden war, als im arteriellen System.

Im Anschluss hieran tritt die Bedeutung in ein helles Licht, welche den Muskeln der Venenwand zukommt. Ihrer Gegenwart ist es zu verdanken, dass sich die Mesenterialvenen in verschiedenem Grade mit Blut zu füllen vermögen, ohne dass sich in ihrem Binnenraume der Druck ändert, und umgekehrt, dass der letztere dort sehr ungleich gross angetroffen wird, trotzdem dass die im Rohr enthaltene Blutmenge denselben Werth besitzt. Beides lässt sich durch Lähmung oder Reizung der Vasomotoren leicht veranschaulichen, und ebenso beweisen, dass die Geschwindigkeit — nicht die Stärke — des Stromes innerhalb der Portalvenen bis zu einer gewissen Grenze hin unabhängig ist von dem Zufluss aus den Arterien und von dem Widerstande in den Lebergefässen. Die ungemein reichen Netze feiner Blutgefässe, welche die Venenwand umspannen, lassen darauf schliessen, dass die Thätigkeit der Muskeln oft in Anspruch genommen wird.

In wie weit bei Krankheiten des Unterleibes die Klappen schlussfähig sind, ist durch weitere Untersuchungen zu ermitteln. Diese lassen sich im Anschluss an die Obductionen leicht vornehmen, wenn man das Schliessen der Klappen prüft, indem man die Vene und den Darm auf dem Zeigefinger der linken Hand haltend mit der rechten Hand das in der Vene befindliche Blut nach dem Darm hindrängt. Bei gutem Schluss der Klappen kann man mit blossem Auge oder der Lupe dort, wo Klappen sind, ein deutliches Anschwellen und plötzliches Zusammenfallen der Venenwand erkennen.

Die Bedeutung des Lymphstromes für Zellenentwickelung in den Lymphdrüsen.

Von

Dr. H. Koeppe.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. IX.)

Da die Lymphdrüsen anzusehen sind als die Brutstätten[1] der Lymphzellen, diese aber durch die Vasa efferentia auswandern — denn die in die Drüse einfliessende Lymphe ist zellenärmer als die ausfliessende —, so war in der Drüse eine Anhäufung zelliger Elemente zu erwarten, sobald man die zu- und abführenden Lymphgefässe unterbunden, der Drüse aber durch Schonung der Blutgefässe die Zufuhr ernährender Stoffe gesichert hatte.

In dieser Erwartung schlug mir Hr. Prof. C. Ludwig vor, die Unterbindung der Lymphgefässe an der Halsdrüse des Hundes zu unternehmen.

Diese Drüse von länglich ovaler Form liegt unter dem M. sternocleidomastoideus nahe seinem Ursprunge, überragt den medialen Rand desselben und wird hier von der Ohrspeicheldrüse verdeckt. Zu ihr führen zwei Arterien, eine am Kopfende und eine am Rumpfende der Drüse, während eine oder mehrere Venen die Drüse in der Mitte verlassen und in die Tiefe gehen.

Von zuführenden Lymphgefässen erhält man durch Injection mit Berliner Blau:

1. Bei Einstich in die Nasenschleimhaut und den Gaumen füllen sich etwa vier bis sechs Gefässe, die hinter dem Ursprunge des M. biventer maxillae um diesen herum in einem dicken Bündel an das Kopfende der Drüse treten.

---

[1] Flemming, *Studien über Regeneration der Gewebe.* Bonn 1885. S. 8.

2. Bei Einstich in die innere Fläche der Ohrmuschel besonders in ihre tiefen Theile[1] füllen sich ebenfalls vier bis sechs Gefässe, die in einem Bündel vor dem Ursprunge des M. biventer maxillae zum Kopfende der Drüse treten.

Nur wenig tiefer münden:

3. Drei bis vier Gefässe, die sich nach Einstich in die Schleimhaut der Ober- und Unterlippe, und

4. ein bis zwei Gefässe, die sich nach Einstich in die Epiglottis füllen.

5. Beim Injiciren von der Nasenschleimhaut aus füllen sich auch Gefässe, die aussen vom Oberkiefer verlaufen und mit den durch Einstich in die Ober- und Unterlippe gewonnenen erst theilweise zu zwei bis drei oberflächlichen Lymphdrüsen neben der Parotis gehen und dann mit den Vasa efferentia dieser Drüsen in unsere Halsdrüse münden.

Nach einem Hautschnitt etwa zweifingerbreit lateral des Ringknorpels wurde am M. sterno-thyreoideus in die Tiefe gegangen bis das Rumpfende der Drüse erreicht war. Dicht an der Drüse wurde dann nach Isolirung der Arterien eine doppelte Ligatur um das vorhandene Bindegewebe gelegt und dasselbe zwischen den Ligaturen durchschnitten. Darauf wurde das Kopfende der Drüse freigelegt und dort die prall gefüllten Lymphgefässe ebenfalls unterbunden und durchschnitten. Die Wunde wurde vernäht und heilte bei aseptischer Behandlung durchschnittlich in drei bis vier Tagen.

Von sieben auf diese Weise operirten Hunden wurden zwei nach 14 Tagen, die anderen nach 18 bezw. 21, 26, 54 und 57 Tagen getödtet und ihre Drüsen untersucht. Zum Vergleich wurde auch die gesunde Drüse der anderen Seite herauspraeparirt und in gleicher Weise wie die operirte behandelt. Beide Drüsen wurden längs halbirt, in Alkohol gehärtet und in Paraffin eingebettet. Die Schnitte wurden durch die ganze Drüse gelegt, einmal von der Rinde aus, dann von der Halbirungsfläche aus. So wurde ein Ueberblick über die ganze Drüse erhalten und die Gefahr vermieden, einmal nur Rindensubstanz das andere Mal nur Markstränge zu treffen. Dabei zeigte sich schon, dass, wie auch Flemming hervorhebt, eine Unterscheidung in Rinden- und Marksubstanz nicht statthaft ist, vielmehr zeigten die Schnitte durch die Rinde wie durch die Mitte gleiche Structur; die „Knötchen“ (Follikel) waren durchaus nicht auf die Rinde beschränkt (s. Taf. IX, Fig. 1).

---

[1] Bei Einstich mehr nach der Ohrspitze zu füllen sich Gefässe, die unter der Haut des Halses nach einer zweiten Drüse unter dem M. sternocleidomastoideus gehen, die aber näher dem Sternum liegt.

Nachtheilig für die Untersuchung erwies sich dieses Verfahren insofern, als sich bei so grossen Objecten die Schnitte nicht dünner als 0·01 mm herstellen liessen. Ferner gestattet die Härtung in Alkohol, die durch die Gefässinjection geboten war, den Einwand, dass dabei die Fixirung der Mitosen unvollkommen sei; doch es sollte ja auch nur ein Vergleich über das Vorkommen von Mitosen überhaupt in der gesunden und der operirten Drüse angestellt, nicht aber die absolute Zahl derselben bestimmt werden. So wurde denn davon abgesehen, die Drüsen in kleinen Stücken in Flemming'schem Gemisch zu härten, doch liessen sich durch folgende Methoden die Mitosen sehr gut darstellen:

1. Durch Färben der Schnitte mit Haematoxylin, nachdem eine Weile Essigsäure auf sie eingewirkt hatte, die mit Wasser wieder gut ausgewaschen worden war.

2. Durch Färben mit salpetersaurem Rosanilin[1] und nachherigem Entfärben mit alkoholischer Pikrinsäurelösung.

3. Durch Färben mit einer Methylenblau-Eosinmischung.[2]

Nach jeder dieser Methoden wurden sowohl von den gesunden wie von den operirten Drüsen Praeparate gefertigt; die verschiedenen Behandlungsarten lieferten wesentlich übereinstimmende Bilder, mit dem Unterschiede jedoch, dass bei der ersten und zweiten Art der Färbung die Kerne schärfer hervortraten, während bei der dritten Methode das Protoplasma sich vollkommen färbte, weshalb sich die einzelnen Zellen besser von einander schieden.

Die Untersuchung der einzelnen Drüsen ergab:

I. Hund, nach 14 Tagen getödtet.



Fig. 1. Gesunde operirte Drüse.

Bei Injection der Lymphgefässe mit Berliner Blau füllen sich dieselben bis zur Unterbindungsstelle und verlieren sich im Narbengewebe, ohne in die Drüsen überzugehen. Die Blutgefässe der Drüse füllen sich vollständig bei Injection mit schwarzer Leimmasse.

Der Vergleich der operirten Drüse mit der gesunden ergiebt:

1. Die operirte Drüse ist bedeutend kleiner als die gesunde (Fig. 1).

2. Schon bei Lupenvergrösserung fällt die

[1] Dasselbe war von Grübler (Leipzig) in besonderer Reinheit hergestellt worden auf Veranlassung von Dr. Spalteholz.

[2] Plehn, *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. VIII. S. 78.

geringe Zahl der Knoten in der operirten Drüse auf (s. Figg. 1 und 2 der Taf. IX).

3. Die Knoten enthalten überhaupt weniger Zellen und im Besonderen sind die chromatinreichen Zellen spärlich vorhanden.

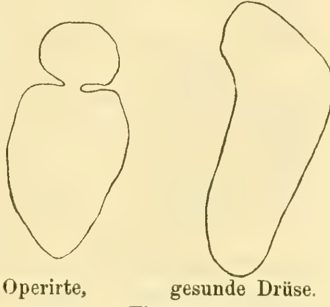
4. In den Keimcentren finden sich keine Mitosen.

II. Hund, nach 14 Tagen getödtet.

Bei diesem war die Operation insofern modificirt worden, als der Lymphstrom durch eine Ligatur um die ganze Drüse unterbrochen wurde. Das Resultat war dasselbe wie beim I. Hund.

1. Die operirte Drüse ist kleiner als die gesunde (Fig. 2).

2. Die Knoten der operirten Drüse sind zellenarm und in diesen zeigen sich keine Mitosen (s. Fig. 3 der Taf. IX.)



Operirte, gesunde Drüse.
Fig. 2.

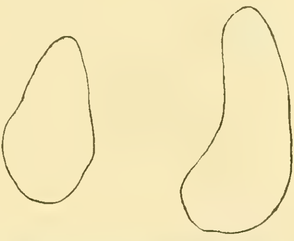
III. Hund, nach 18 Tagen getödtet.

1. Die operirte Drüse ist kleiner als die gesunde. (Fig. 3.)

2. Spärliche Lymphzellen in den Knoten.

3. Spärliche Mitosen.

4. Die mit rother Leimmasse injicirten Blutgefässe liegen in der operirten Drüse viel gedrängter als in der gesunden.



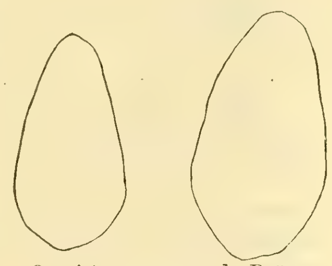
Operirte, gesunde Drüse.
Fig. 3.

IV. Hund, nach 21 Tagen getödtet.

Die operirte Drüse ist noch deutlich kleiner (Fig. 4), als die gesunde; weitere Unterschiede sind nicht mit Sicherheit festzustellen.

V. Hund, nach 26 Tagen getödtet.

Da nur die operirte Drüse untersucht wurde, fällt ein Vergleich mit der gesunden desselben Thieres aus. Die herausgenommene Drüse war mehrfach getheilt worden, so dass ein Ueberblick nicht zu erhalten war. Praeparate der einzelnen Stücke zeigten Verödung der Knoten; theilweise war nur noch das Reticulum vorhanden; Fehlen der Mitosen.



Operirte, gesunde Drüse.
Fig. 4.

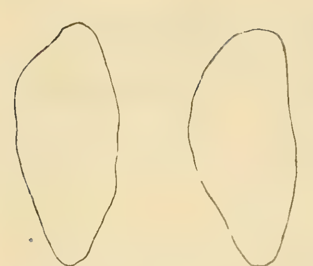


Fig. 5.

VI. Hund, nach 54 Tagen getödtet.

VII. Hund, nach 57 Tagen getödtet.

Bei beiden Hunden bietet die operirte Drüse vollkommen das Bild einer normalen, ebensowenig lässt sich ein Unterschied in der Grösse feststellen. (Fig. 5.)

Nun zeigen die gesunden Drüsen ja auch Stellen mit zellarmen Knoten ohne Mitosen, wie sie in den operirten Drüsen auftreten, und dies würde den Einwand rechtfertigen, dass die in den operirten Drüsen beschriebenen Veränderungen nicht die Folgen des Eingriffes seien, sondern ohne diese Ursache auftreten, wie Flemming schon sagt, dass „die Keimcentren kommen und gehen." Andererseits aber sprachen die Grössenunterschiede der Drüsen dafür, dass ein Verschluss der Lymphgefässe, wie er durch die Operation hergestellt wurde, in der That die Ursache einer Abnahme und Verödung der Knoten sei, wenn auch nur durch Steigerung gewisser physiologischer Vorgänge.

Es liegt somit der Rückschluss nahe, dass, wenn eine Verödung der Knoten eintritt, dies die Folge eines Verschlusses der Lymphwege sei, so vielleicht in der normalen Drüse wegen vorübergehender Verstopfungen durch die in Mengen gebildeten Lymphzellen, in pathologischen Fällen aber durch dauernde Verlegung der Lymphwege mit Staub, Kohlepartikel u. s. w., denen Schrumpfung und Induration[1] folgt.

Dass, wie beim 6. und 7. Hunde, sich mit der Zeit die alten Verhältnisse wieder herstellen, mag seinen Grund wohl darin haben, dass der Lymphstrom sich wieder einrichtet durch Bildung neuer Lymphwege zwischen zwei oder mehr übersehenen nicht unterbundenen Gefässen.

Was die Zunahme der Blutgefässe und des Bindegewebes anbetrifft, wie dies beim dritten Hund vor allem hervortrat, so wird man dies weniger einer Neubildung zuschreiben, vielmehr einfach daraus erklären können, dass durch den Schwund der Lymphzellen ein Aneinanderrücken der Gefässe und des Reticulum stattfand.

Ferner wurde noch sowohl in den unversehrten wie in den operirten Drüsen Folgendes beobachtet:

Da wo die Knoten sich zellenarm und ohne Mitosen zeigten, desgleichen in den Lymphsinus, wo ebenfalls wenig Zellen, besonders wenig chromatinreiche zu finden waren, lagen grosse Zellen mit hell- bis dunkelgelben, zuweilen kugelig glänzenden oder mehr körnigen Pigmenteinschlüs-

---

[1] Ziegler, *Lehrbuch.* Bd. II. S. 94.

sen. So fanden sich diese Pigmentzellen[1] constant in den operirten Drüsen in besonderer Menge, dagegen nicht in der gesunden Drüse des ersten Hundes, die fast nur volle, mit Mitosen reichlich versehene Knoten zeigte.

Dieses Pigment änderte seine Farbe nicht unter der Einwirkung von Säuren, Alkalien, Aether und Chloroform, dagegen konnte[2] das Gelb in Blau umgewandelt werden unter der Einwirkung von Salzsäure und gelbem Blutlaugensalz. Der auf dem Objectträger aufgeklebte Schnitt wurde, nachdem er in Wasser gewaschen war, mit einem Tropfen der gewöhnlichen Lösung von gelbem Blutlaugensalz befeuchtet, nach einiger Zeit wurden einige Tropfen verdünnter Salzsäure darüber laufen gelassen, alsbald aber mit Alkohol sorgfältig abgespült, noch nachträglich mit salpetersaurem Rosanilin gefärbt und in Canadabalsam eingeschlossen. So wurden Praeparate erhalten, die in den Zellen neben dem rothen Zellkern das Pigment blau zeigten. Die Umwandlung der gelben Pigmentschollen in Berlinerblau liess sich noch direct unter dem Mikroskop beobachten, doch bläuten sich zuweilen auch Körnchen in Zellen, in welchen sich vorher kein gelbes Pigment gezeigt hatte. Weiter gab es gelbe Schollen, die nicht blau wurden, so die dicht zusammengedrängten rothen Blutscheiben in den Gefässen. Man müsste also verschiedene Arten Pigment annehmen oder verschiedene Stufen der Umwandlung des Pigments.

Bei der Ausführung der Versuche hat sich also das gerade Gegentheil des Erfolges bewährt, welcher beim Beginn derselben vorausgesetzt wurde. In den Räumen der Drüse, die von Blut nach wie vor umflossen, aber nicht mehr von Lymphe durchsetzt und ausgespült sind, vergehen die Leukocyten statt sich dort, wie man glaubte, anzuhäufen. Mit der Anwesenheit von entwickelungsfähigen Zellen und von Blut sind noch nicht alle Bedingungen erfüllt, welche zur Entstehung neuer Zellen nothwendig sind. Fast scheint es sogar, als ob das Blut für sich allein mehr der Zerstörung als dem Aufbau der Leukocyten förderlich sei. Ob aber die Lymphe durch einen oder mehrere ihrer Bestandtheile an der Neubildung betheiligt sei, oder ob sie allein als Spülmittel schädlicher Stoffe wirke, sind Fragen, die sich aufwerfen, aber nicht beantworten lassen.

Eine Ergänzung zu dem Verfahren, das Strombett der Lymphe zu verschliessen, das des Blutes aber offen zu lassen, bietet sich darin, die Arterien der Drüse zu unterbinden, ohne den Lymphgefässen nahe zu treten.

---

[1] Flemming, a. a. O.; — Hoyer, *Archiv für mikroskopische Anatomie.* Bd. XXXIV. S. 221; — Oppel, *Ueber Pigmentzellen des Wirbelthierdarms.* München 1889.

[2] Perls, Virchow's *Archiv.* Bd. XXXIX. S. 42; — Hindenlang, Virchow's *Archiv.* Bd. LXXIX. S. 492.

Die Zeit, während welcher diese Anordnung belehrend wirkt, kann eine nur beschränkte sein, entweder weil aus Blutmangel die Drüse brandig wird, oder weil die Folgen des Unterbandes der Arterie durch Ausbildung eines collateralen Kreislaufes hinfällig werden.

Trotz einer solchen Beschränkung dürfte sich die Ausführung der Versuche doch lohnend erweisen, was ich aus den Ergebnissen zweier von mir angestellter schliesse.

Bei einem dieser Hunde VIII wurden die Blutgefässe der Halslymphdrüse unterbunden und das Thier nach zwei Tagen getödtet. Die Blutgefässe füllten sich bei der Injection theilweise. Die operirte Drüse war grösser als die gesunde. (Fig. 6.)

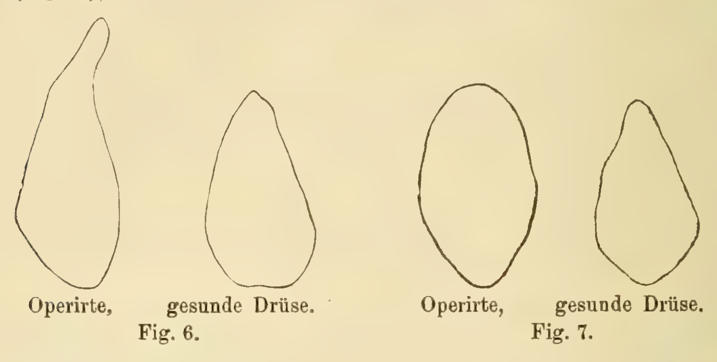


Fig. 6. Fig. 7.

Beim Hunde IX dagegen, der nach drei Tagen getödtet wurde, war die Unterbindung vollkommen: die Blutgefässe der Lymphdrüse füllten sich nicht beim Injiciren. Auch hier war die operirte Drüse grösser als die gesunde. (Fig. 7.)

Die Drüsen wurden in gleicher Weise behandelt wie die beim vorhergehenden Versuche. Es zeigte sich, dass die Mitosenbildung nicht beeinträchtigt war. Sie fanden sich zahlreich in allen Stadien der Entwickelung; zugleich aber kamen Kernfiguren vor, die den von Arnold[1] u. A. beschriebenen indirecten Fragmentirungen vollständig gleichen, und wie sie in den gesunden Drüsen nicht zu finden waren.

Sollten sich bei einer genauen Prüfung durch andere Methoden diese Befunde bestätigen, so wäre in dem beschriebenen Versuch vielleicht ein Mittel gewonnen, die pathologischen Formen künstlich zu erzeugen und ihre Entstehung zu verfolgen.

---

[1] Arnold, Virchow's *Archiv.* Bd. XCIII. Taf. I; Bd. XCV. Taf. II u. III; — Beltzow, Virchow's *Archiv.* Bd. XCVII. Taf. XII, Figg. 6—10.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. IX.)

Fig. 1. Schnitt durch die gesunde Drüse des I. Hundes. Vergrösserung 5. Gefärbt mit Methylenblau-Eosingemisch. Blaufärbung der Kerne, daher treten die Knoten (Follikel) deutlich hervor. Rothfärbung des Reticulum. Schwarz injicirte Blutgefässe.

Fig. 2. Schnitt durch die operirte Drüse des I. Hundes. Vergrösserung 5. Gefärbt mit Methylenblau-Eosingemisch. Da weniger Zellen und Knoten vorhanden sind, tritt die Blaufärbung der Kerne gegen das rothgefärbte Reticulum zurück.

Fig. 3. Die Knoten der operirten Drüse des II. Hundes. Vergrösserung Leitz VII. Oc. III. Färbung wie oben. In den Knoten sind die Lymphzellen nur spärlich vorhanden und das Reticulum tritt deutlich hervor.

Hyperaesthesie nach Verletzung des Halsmarkes.

Von

Dr. C. Martinotti.

(Aus dem physiologischen Institut zu Leipzig.)

(Hierzu Taf. X, X a u. XI, XI a.)

Trotz einer Reihe sorgfältiger Versuche bestehen über den Ort des Rückenmarkes, dessen Verletzung Hyperaesthesie erzeugt, noch Zweifel. Hiervon überzeugt uns die Durchsicht der vorliegenden Litteratur.

Die Beobachtung Fodéra's,[1] dass nach Durchschneidung der hinteren Hälfte des Halsmarkes die unterhalb der Verletzung gelegenen Körpertheile hyperaesthetisch werden, fand so wenig Beachtung, dass sie nicht einmal in dem grossen Werke Longet's[2] erwähnt ist. So musste die Thatsache von Neuem entdeckt werden, was im Jahre 1849 und 1850 gleichzeitig durch Brown-Sequard[3] und L. Türck[4] geschehen ist. Beide Beobachter sagen aus, dass nach der Durchschneidung der Seitenstränge die hinter dem Schnitt gelegene Körperhälfte überempfindlich werde, und zwar umsomehr, je vollkommener der Seitenstrang durchschnitten gewesen. Brown-Séquard fügte hinzu, dass nach dem Markschnitt die gegenüberliegende Seite, der die unverletzte Rückenmarkshälfte angehört, unempfindlich werde. Türck dagegen, der sich zur Prüfung der Empfindlichkeit eine seither oft am Frosch bewährte Methode erfand, konnte beweisen, dass es gelinge, nach doppelseitigen Verletzungen des Markes auch beide Körperhälften überempfind-

[1] Magendie, *Journal de physiologie.* 1823.

[2] *Anatomie et physiologie du système nerveux.* 1842.

[3] *Comptes rendus.* 1850; — vergl. auch *Experimental researches on the spinal cord.* Richmond 1855.

[4] *Zeitschrift der Gesellschaft der Wiener Aerzte.* 1850.

lich zu machen.[1] Die an Säugethieren und Fröschen ermittelte Thatsache bestätigt W. Müller[2] auch für den Menschen. Sanfte Berührung von Hautstellen, deren Nerven gleichseitig und unterhalb der Verletzung entsprangen, weckte neben lebhaften Reflexen auch heftige Schmerzen. Als man mit der Zeit erkannte, dass sich an die durch verschiedene Orte des Seitenstranges ziehenden Fasern auch besondere Leistungen knüpften, musste es wünschenswerth erscheinen, die Stätte genauer zu ermitteln, deren Verletzung Ueberempfindlichkeit nach sich zieht. Der Lösung dieser Frage musste die Ausbildung einer Methode vorausgehen, welche die stückweise beschränkte Zergliederung des lebendigen Seitenstranges gestattete. Woroschiloff, der mit einer solchen ausgerüstet wurde, konnte am unteren Brust- und am Lendenmark des Kaninchens nachweisen, dass grössere Abschnitte des Seitenstranges weggenommen werden konnten, ohne dass Hyperaesthesie eintrat. Schliesslich glaubte er sich zu der Annahme berechtigt, dass die Ueberempfindlichkeit nur durch Zerstörung der weissen Masse zu erzielen sei, welche an das sogenannte Seitenhorn angrenzt, oder überhaupt durch Verletzung der Faserung des Seitenstranges, welche eingeschlossen wird nach innen durch die graue Masse und nach aussen durch eine Linie, welche die am weitesten vorspringenden Spitzen des Hinter- und Vorderhorns mit einander verbindet.

Obwohl nun die Zerstörungen, welche Woroschiloff am Rückenmark anbrachte, scharf umgrenzt und photographisch nachgewiesen sind, wird man eine erneute Untersuchung nicht für unnöthig halten dürfen, denn es sind von ihm einige der Vorsichten unberücksichtigt geblieben, auf deren Innehaltung man gegenwärtig dringt. Den heutigen Forderungen gemäss kann ein Schluss, der sich auf eine örtlich umgrenzte Zerstörung innerhalb des Rückenmarkes gründet, nur unter den folgenden Bedingungen Anspruch auf Giltigkeit erheben.

Die Beobachtung der Folgen, welche sich an den blutigen Eingriff knüpfen, müssen bis zur vollkommenen Heilung der Wunde fortgesetzt werden; nur hierdurch lässt sich das Wesentliche vom Zufälligen unterscheiden.

Die in den Leistungen sich ausdrückenden Folgen müssen möglichst einheitlicher Art sein, entweder nur auf dem sensiblen, oder nur auf dem motorischen Gebiet liegen.

Das zerstörte Gewebe muss sich scharf gegen das unversehrte abgrenzen, Lage und Ausdehnung müssen so genau bestimmt sein, als es die

---

[1] Inwiefern die Hyperaesthesie, welche durch Verletzung des Rückenmarkes bedingt wird, sich beim Säugethier anders als beim Frosch äussert, vergl. Woroschiloff, *Leipziger Berichte.* Mathem.-physik. Classe. 1874. S. 288.

[2] *Beiträge zur Pathologie und Physiologie des menschlichen Rückenmarkes.* Leipzig 1871.

mikroskopischen Hülfsmittel gestatten. Hierzu kommt als eine den Versuch erleichternde Bedingung:

Die zur Verwendung kemmenden Werkzeuge müssen es gestatten, den Ort und die Ausdehnung der Verletzung nach Wunsch zu wählen.

Diesen Forderungen zu genügen, war ich nach Kräften bemüht.

Der möglichst geringen Verletzung wegen wurde die Halswirbelsäule zum Operationsfeld gewählt. Unter Benutzung der von de Boeck[1] beschriebenen Art das Kaninchens aufzustellen, gelingt es nach einer mässigen Verletzung der Haut, der Muskeln und der Bänder zum Halsmark zwischen zwei Wirbelbogen zu gelangen. So wie die Operation bis zu diesem Punkte vorgeschritten ist, empfiehlt es sich noch, das Thier durch Aetherdämpfe zu betäuben, damit der Rücken möglichst unbewegt bleibe, wenn nun zu der Verletzung des Markes übergegangen wird. Um diese letztere in der gewünschten Beschränkung auszuführen, bediente ich mich zweier verschiedener Instrumente. Das eine war scheerenartig gebaut: ein Arm wurde nach Art eines Schutzmesserchens innerhalb des Markes festgestellt, während der zweite Arm schneidend gegen den ersteren bewegt wurde. Zur Voraussetzung seiner Anwendung musste die harte Hirnhaut durchschnitten werden. Hierdurch wurde der Verlauf der Wundheilung beeinträchtigt und es kam, was noch störender war, in der Regel zum Austreten von Blut (siehe z. B. Fig. 4). Weil damit die Abgrenzung der Verwundung erschwert wurde, so verliess ich die Scheere und wendete statt ihrer ein rothglühendes feines Messerchen an. Ohne dass sie vorher eingeschnitten ist, schlüpft das Messer leicht durch die Dura mater und erzeugt innerhalb des Markes selbst keine Blutung. Bei der Herstellung und dem Verband der Wunde wurde aseptisch verfahren; die Heilung war nach 14 Tagen erfolgt.

Um die Hyperaesthesie nachzuweisen, wurde das Kaninchen rittlings auf ein freischwebendes Bälkchen gesetzt und dort durch einen breiten Leibgurt festgehalten. Nur bei dieser Aufstellung liessen sich alle Bewegungen, welche das Thier ausführte, mit Sicherheit und in vollem Umfange erkennen. Als Reizmittel dienten der Druck mit der Hand des Beobachters und die abgestufte Stärke des Inductionsstromes. Als Maass für die Stärke des Reizes war man, wenn der Druck benutzt wurde, auf das Bewusstsein des drückenden Beobachters angewiesen. Trotz der Unvollkommenheiten, die einer solchen Schätzung anhängen, ist sie jedoch vollkommen genügend, um starke Unterschiede im Empfindlichkeitsgrade der Haut zu erkennen, insbesondere wenn sich die Folgen des Angriffs auf die beiden Körperhälften vergleichen lassen. Auf der unverletzten Seite wird das stark

---

[1] *Dies Archiv.* 1889. S. 238.

zwischen den Fingern gepresste Glied eben noch zurückgezogen, während eine schwache Berührung der Pfoten auf der verletzten Seite alle Muskeln des Körpers in dauernde und kräftige Bewegungen setzt und durchdringendes Geschrei veranlasst. Obwohl demnach das willkürliche Druckmaass qualitativ genügt, so dürfte es sich doch empfehlen, ein mechanisches an seine Stelle zu setzen. Ein solches muss besonders darum erwünscht erscheinen, weil der Inductionsstrom als Reizmittel für die sensiblen Nerven dem Druck weit nachsteht. Beim Gebrauch des letzteren Mittels habe ich das schon von Woroschiloff angewendete Verfahren benutzt.

Um über die Folgen im motorischen Gebiet Aufschluss zu erhalten, wurde das Kaninchen auf einen grossen, mit grobem Leintuch überspannten Tisch gesetzt und der Gebrauch der Glieder bei willkürlichen und künstlich eingestellten Bewegungen sorgfältig beobachtet.

Mit Rücksicht auf den Ort, welchen sie betrafen, lassen sich die Verletzungen, welche ich hervorbrachte, in drei Reihen ordnen.

In einer ersten wurden auf einer oder beiden Seiten nur die Hinterstränge zerstört, mit der Scheere und dann nach vorgängiger Eröffnung des Durasackes, oder mit dem rothglühenden Messerchen, ohne dass vorher die harte Haut eingeschnitten gewesen.

Als erstes Beispiel ist Fig. 1 Taf. X anzusehen; der rechte Hinterstrang ist zerstört. — Das Thier, dem das Mark angehörte, wurde noch 14 Tage nach dem blutigen Eingriff am Leben erhalten. Zu dieser Zeit war die Wunde vernarbt. In keiner Beziehung unterschied sich das Verhalten des Thieres von dem eines gesunden. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Rückenmarkes fand sich eine aufsteigende Entartung der Hinterstränge.

Eine Anschauung von dieser Entartung giebt Fig. 2. Das Thier, aus welchem ihr Vorbild stammt, brauchte bis zur Heilung der Wunde 14 Tage. Während dieser ganzen Zeit liess sich auch nicht die geringste Abweichung vom gesunden Zustand nachweisen, trotz der sorgfältigsten Aufmerksamkeit auf Empfindung und Bewegung.

Die Fig. 3 weist eine begrenzte Verletzung des linken Hinterstranges durch eine feine glühende Nadel nach. Sechs Stunden nach der Verletzung wurde das Thier getödtet. Auch hier war kein Zeichen von Ueberempfindlichkeit bemerkbar.

In Fig. 4 ist ein Schnitt aus einem Rückenmark abgebildet, in welchem die glühende Nadel durch den Hinterstrang bis zum Vorderhorn und etwas darüber hinaus in den weissen Vorderstrang gedrungen war. Das Kaninchen, dem das Rückenmark angehörte, wurde sechs Stunden nach vollendeter Operation getödtet. An seiner Beweglichkeit hatte das Thier nichts

eingebüsst, auf der Seite der Verletzungen aber zeigte sich schon die Haut gegen Druck etwas empfindlicher als auf der gegenüberliegenden.

Meine Erfahrungen stimmen, wie man sieht, mit denen, welche Türck, Woroschiloff, Kusmin und Osawa nach der Zerstörung der Hinterstränge gewonnen haben. Da durch die anatomische Untersuchung die genaue Beziehung nachgewiesen ist, in welcher die weissen Hinterstränge zu den sensiblen Nervenwurzeln stehen, so könnte das Ergebniss der Verletzungen verwunderlich erscheinen. Bei weiterer Ueberlegung ergiebt sich jedoch, dass die anatomischen und physiologischen Thatsachen sich keineswegs widersprechen. Nur dann würde dieses der Fall sein, wenn es nachgewiesen wäre, dass die Nervenfäden, welche durch die hinteren Wurzeln anlangten, unverzüglich und geraden Wegs in den Hintersträngen aufstiegen. Weil aber die Nervenfäden der Wurzeln nach verschiedenen Richtungen von der geraden zum Gehirn führenden Bahn abbiegen und weil aus den Fasern der Hinterstränge zahlreiche Collateralen entspringen, so können die Hinterstränge auch angesehen werden, sei es als Durchgangspunkte der sensiblen Fasern oder als ein Weg, der mit mehreren anderen von gleichem Werthe sei. — Unter dieser Voraussetzung lässt sich keine über grosse Flächen ausgedehnte Lähmung der Empfindlichkeit erwarten, wenn die Leitung durch die Hinterstränge nur auf einem Querschnitt unterbrochen ist.

In der zweiten Reihe geschah der Einstich in der Richtung vom Hinter- zum Vorderhorn, wodurch veränderlich grosse Stücke des Hinter- und Vorderhorns sammt der zwischen beiden eingeschlossenen Faserung der weissen Seitenstränge zerstört wurden. Oefters erstreckte sich auch die Verletzung bis in die Vorderstränge. In den Figg. 5 und 6 sind die mit der glühenden Nadel oder mit der feinen Scheere angebrachten Zerstörungen dargestellt. Die Kaninchen, deren Rückenmark auf gleiche Weise verletzt war, wurden zum Theil wenige Stunden nach Vollendung der Operation getödtet, andere aber bis zur völligen Heilung lebendig erhalten. Zu allen Zeiten ergab die Beobachtung die gleichen Erscheinungen: die Beweglichkeit blieb ungestört; dagegen war die Haut auf der Seite hinter der Zerstörung des Markes ungemein empfindlich. Ein noch so geringer Druck auf die Vorder- oder Hinterpfoten bedingte lebhafte Bewegungen von Kopf und Rumpf; wenn das Thier an der Flucht verhindert und der Druck nur um ein Weniges länger fortgesetzt war, so schrie es laut und setzte das Geschrei auch nach dem Aufhören des Druckes noch einige Zeit hindurch fort. Bei der Berührung oder selbst hartem Druck auf Haut und Pfoten der entgegengesetzten Seite vollführte das Thier keine oder nur mässige Bewegungen, ähnlich wie sie auch im unverletzten Zustand zu Tage treten.

Von einem grösseren Umfange werden die Folgen, wenn das zerstörende Werkzeug etwas nach aussen vom Hinterhorn durch den Seitenstrang bis

in die vorderen grauen Hörner gedrungen ist. In dem Versuche, zu welchem Fig. 7 gehört, war die Zerstörung auf der rechten und linken Seite zugleich ausgeführt worden. Als das Kaninchen nach vernähter Wunde entfesselt wurde, zeigten sich die vier Extremitäten gelähmt, alsbald aber konnte sich das Thier in der sitzenden Stellung erhalten und sechs Stunden später stolpernd fortbewegen, aber nur mit Schwierigkeit aufrichten, wenn es umgeworfen worden war. Das Kaninchen, von dem soeben die Rede war, habe ich des Praeparats wegen sechs Stunden nach der Operation getödtet, dagegen andere auf gleiche Weise verstümmelte vollkommen ausheilen lassen. Bei diesen letzteren erholten sich die Bewegungswerkzeuge rasch. Schon nach 24 Stunden liefen die Kaninchen wie vollkommen unversehrte umher. Anders stand es mit der Ueberempfindlichkeit. Auch sie war sogleich nach vollendeter Operation hoch entwickelt, aber sie verschwand nicht wie die Störungen der Bewegung, sondern sie liess sich auch am 14. Tage nach dem blutigen Eingriff noch so deutlich nachweisen, dass eine Abnahme derselben zum Mindesten zweifelhaft erscheinen musste.

In der dritten Reihe ging die Absicht auf die Verletzung des Theils der weissen Seitenstränge, welcher in der nächsten Umgebung des Hinterhorns liegt. Bei der Ausführung des Vorhabens wurde zuweilen auch ein Theil der grauen Masse zerstückelt, innerhalb der weissen Masse aber mehr oder weniger die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und die Pyramidenbahn verletzt

Wenn die Zerstörung bis zur Oberfläche des Markes reichend die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und einen Theil der Pyramidenbahn umfasste, so wurden sogleich die Hinter- und Vorderpfoten auf der verletzten Seite in hohem Grade überempfindlich und verharrten, so lange das Thier lebendig blieb, in diesem Zustande. Beispiele für den Umfang in welchem die Verletzung zu diesem Ende stattgefunden haben musste, liefern die Figg. 8, 9, 10 und 12.

Regelmässig verknüpften sich mit einer derart durchgeführten Verletzung auch Folgen für die Beweglichkeit der Glieder, und zwar sehr verschiedenen Grades. Zuweilen wurde nur eine der Pfoten an den Leib gezogen und beim Fortschreiten behutsam aufgesetzt (Fig. 8), andere Male aber erschien das Bild vollkommener Lähmung: das Kaninchen fiel, als es losgelassen wurde, auf die Seite der Verletzung. Zwischen den beiden Grenzfällen lagen verschiedene Zwischenstufen. Ausnahmslos war jedoch nach 24 Stunden die frühere Gelenkigkeit der Glieder wiedergekehrt, so dass auch bei der grössten Aufmerksamkeit keine Abweichung von der Gangart des unverletzten Kaninchens sichtbar war.

Anderes aber wurde durch die Verletzung veranlasst, wenn sie ohne bis zur Oberfläche des Markes zu gelangen, weiter nach hinten und aussen

lag, so etwa wie es in Fig. 11 abgebildet ist. Dann ging sie spurlos an der Leistungsfähigkeit des Thieres vorüber. Aus den Zeichen, welche die Empfindungs- und Bewegungswerkzeuge boten, erwuchs nicht einmal der Verdacht auf eine Verletzung des Halsmarkes. Wie verschieden stellen sich doch die Folgen der Verletzung nahe an einander grenzender Faserungen.

Die Faserung, auf deren Zerschneidung Hyperaesthesie folgt, liegt also in dem hinteren inneren Abschnitte der Seitenstränge, und dort erstreckt sie sich der grauen Masse innig anliegend von dem Ausschnitt zwischen Hinter- und Vorderhorn an, dem Hinterhorn entlang bis zur Oberfläche des Markes, sonach in den Raum, welcher im Rückenmark des Menschen ausgefüllt wird durch die Kleinhirn- und den hinteren Theil der Pyramidenbahn.

Mit der Trennung des Zusammenhanges der Fasern entsteht sogleich die erhöhte Empfindlichkeit der gleichseitig und weiter abwärts gelegenen sensiblen Nerven, und sie dauert ungeschwächt mindestens bis zur Heilung der Wunde.

Durch ihre Dauerhaftigkeit unterscheidet sich die Hyperaesthesie von anderen zufällig auftretenden Folgen in den Leistungen der Muskeln. Denn wenn sich nach dem Schnitt Lähmungen der Muskeln einstellen, was zwar öfter, aber durchaus nicht immer geschieht, so gewinnen im Verlauf von Stunden die unfähig gewordenen Glieder die frühere Beweglichkeit zurück.

Störungen in der Empfindlichkeit der Haut auf der Seite des unverletzten Markes sind nicht wahrnehmbar.

Mit den Angaben Woroschiloff's über den Ort dessen Zerstörung Hyperaesthesie bedingt, stimmen meine Versuche in so weit, als sie den inneren, an die graue Masse angrenzenden Abschnitt der Seitenstränge verantwortlich machen, sie weichen darin von ihnen ab, als sie sich nicht bloss, wie Woroschiloff will, auf das mittlere Drittel der Seitenstränge beschränken, sondern auch noch in das hintere Drittel derselben hineinreichen.

Den Grund für den Mangel an Uebereinstimmung könnte man darin suchen, dass meine Versuche am Halsmark, die Woroschiloff's dagegen innerhalb der unteren Brust und der oberen Lendenwirbel angestellt sind.

Vielleicht aber beruhen die von den meinen abweichenden Angaben nur auf der Deutung, welche Woroschiloff seinen Thatsachen gegeben hat. Bestätigend für diese Vermuthung treten die Taf. IV und Taf. XVII ein; aus der Erklärung zu diesen Tafeln ist zu entnehmen, dass im ersten Falle beiderseitige, im zweiten dagegen einseitige Ueberempfindlichkeit bestanden habe. In beiden Beobachtungen ist der Seitenstrang der Wurzel des grauen Hinterhorns gegenüber unversehrt geblieben, und erst weiter

nach hinten hin zerschnitten worden. Weitere Versuche am Lendenmark werden den Widerspruch zu schlichten haben.

Da der Mensch nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarkes schwache Reize schmerzhaft empfindet, so können die lebhaften Bewegungen, welche nach dem Reize auftreten, durch den Schmerz veranlasst sein. Der Uebertragung dieser einfachen Annahme auf das Kaninchen dürfte nichts entgegenstehen. Denn das Verhalten des Thieres weisst auf den Besitz von Trieben hin und auf ein Wahlvermögen sie zu befriedigen, deshalb werden wir auch voraussetzen dürfen, dass sie Behagen und Schmerz empfinden. Aber wollte man die Bewegungen, welche der überempfindliche Nerv hervorruft, nur für reflectirte halten, so würde man doch nicht leugnen können, dass sie unter Betheiligung des verlängerten Markes entstanden seien.

Damit aber durch das Zertrennen einer Verbindung zwischen den Gliedmaassen und dem Gehirn die Wirkung eines äusseren Reizes gesteigert werden kann, muss durch den Schnitt entweder die Empfindlichkeit des schmerzempfindenden Werkzeuges oder die Wirkungsfähigkeit der Nerven vermehrt sein, welche das Gehirn von dem empfangenen Reize benachrichtigen.

Von den beiden Möglichkeiten ist die erstere von vorne herein als unzutreffend zu verwerfen; denn wenn die Ursache der Hyperaesthesie auf der gesteigerten Empfindlichkeit beruhte, so müssten schwache Reize von allen sensiblen Nerven aus Schmerz hervorrufen. In Wahrheit sind hierzu nur die Nerven befähigt, welche unterhalb auf der Seite des Schnittes aus dem Rückenmark entspringen.

Nach Ausschliessung der ersten bleibt uns nur die zweite Annahme übrig, wonach sich die Entstehung der Hyperaesthesie dadurch erklären lässt, dass der Schnitt einen Widerstand beseitigt habe, welcher gewisse Nerven daran verhindert auf die centralen Werkzeuge mit der vollen Kraft zu wirken, wie es vermöge ihres jeweiligen Erregungsgrades möglich gewesen wäre. Und weil es durch den Markschnitt bewirkt wurde, dass der vor ihm vorhandene Unterschied zwischen schwachen und starken Reizen vermindert, wenn nicht aufgehoben ist — denn jetzt sind beide schmerzlich — so ist eine mässigende, die Stärke der Empfindung nach der des Reizes abstufende, Leistung ausgefallen. Dieses Vermögen muss den Thatsachen gemäss sich an ein nervöses Stück knüpfen, welches sich von der hyperaesthetischen Haut durch die vom Schnitt betroffene Fläche des Markes bis zum Hirn fortzieht. Vielleicht sind die centripetalen Hemmungsfasern, deren Bestand durch Setschenow, Rosenthal, Levisson, C. Ludwig, Cyon, Kronecker u. A. erwiesen ist, an dem Vorgang betheiligt.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. X, Xa u. XI, XIa.)

Bei der photographischen Aufnahme der Praeparate hatte ich mich der dankenswerthen Hülfe des Hrn. Dr. Metzner zu erfreuen. Den Lichtdrucken sind Umrisszeichnungen beigegeben, um den Leser sogleich auf den Ort der Zerstörung hinzuweisen. Die Umrisszeichnungen sind sorgfältig mit den Praeparaten verglichen worden. Die einfach schraffirten Partien entsprechen der Ausdehnung, in welcher der Zusammenhang der Fasern aufgehoben ist, die doppeltschraffirten bezeichnen Stellen, an welchen die Markmassen besonders stark durch das heisse Instrument umgewandelt waren.

Erste Reihe. Fig. 1 stellt die mit einer feinen Scheere am rechten Hinterstrang gemachte Verletzung dar; weder Bewegungs- noch Sensibilitätsstörung.

Fig. 2 stellt die aufsteigende Entartung der Hinterstränge in Folge Verletzung derselben mit der Scheere dar; auch hier keine Bewegungs- oder Sensibilitässtörung.

Fig. 3. Verletzung des linken Hinterstranges mit glühender Nadel; auch hier keine der genannten Störungen.

Fig. 4. Darstellung einer Verletzung, vermittelst glühender Nadel, des rechten Hinterstranges und eines kleinen Theiles der grauen Substanz; die hintere Pfote derselben Seite zeigte sich dem Drucke gegenüber etwas empfindlich.

Zweite Reihe. Fig. 5. Die glühende Nadel ist linkerseits durch die weisse Masse entlang dem Hinterhorn eingedrungen durch die Faserung, welche in der Ausbuchtung der grauen Masse liegt und durch das graue Vorderhorn eben noch bis in den Vorderstrang hinein. Die Empfindlichkeit zeigt sich beim Druck in der Hinterpfote der verletzten Seite sehr erhöht, sowie auch in der Vorderpfote der gleichen Seite.

Fig. 6. Links mit einem glühenden Messer das hintere und vordere Horn und die weisse Substanz zwischen beiden verletzt. Hyperaesthesie der Hinterpfote der verletzten Seite.

Fig. 7. Beiderseitige Verletzung eines grossen Theiles der Seitenstränge und ein wenig des linken Vorderhorns. Hyperaesthesie der Vorder- und Hinterpfoten beider Seiten.

Dritte Reihe. Fig. 8 zeigt links die Verletzung des Pyramidenstranges und eines kleinen Theiles des Kleinhirnseitenstranges. Ausgesprochene Hyperaesthesie der vorderen und hinteren Pfote gleicher Seite.

Fig. 9. Rechts. Verletzung des Pyramidenstranges und des Kleinhirnseitenstranges. Lebhafte Hyperaesthesie an der verletzten Seite.

Fig. 10 stellt links die Verletzung des äusseren Theiles des Pyramiden- und des Kleinhirnstranges dar. Ausgesprochene Hyperaesthesie in der Vorder- und Hinterpfote der verletzten Seite.

Fig. 11 zeigt sehr scharf begrenzt eine Verletzung zwischen dem Pyramidenstrang und dem Kleinhirnseitenstrang. Die Sensibilität in der Hinterpfote der verletzten Seite und auch die in der Hinterpfote der unverletzten Seite scheint um Weniges erhöht.

Fig. 12. Verletzung des rechten Hinterhorns und der weissen Substanz an dessen äusserer Seite. Sehr ausgesprochene Hyperaesthesie der Pfoten der verletzten Seite.

Alle Verletzungen wurden mit Ausnahme des zweiten Falles an der Halsgegend vorgenommen.

Anfang April.

Fig. 1.

d *a* *b* *c*

e *b* *b*

d *a*

c *c*

Anfang Mai.

Fig. 2.

bb *c* *a*

bb *bb* *b'*

d *bb* *d* *f*

b' *a*

d

bb

Verlag Veit & Comp. Leipzig.



August.

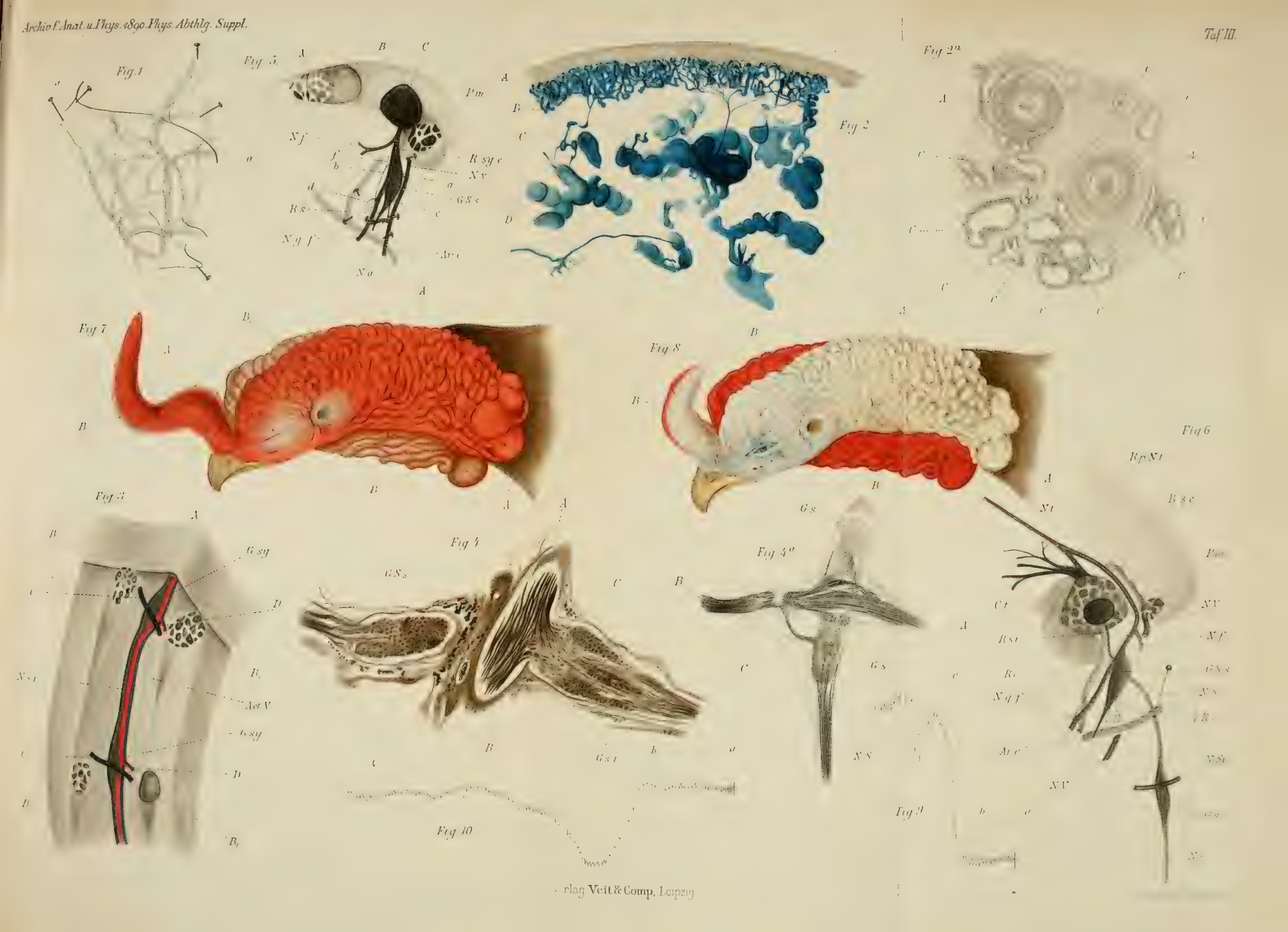
Fig. 3.

September.

Fig. 4.

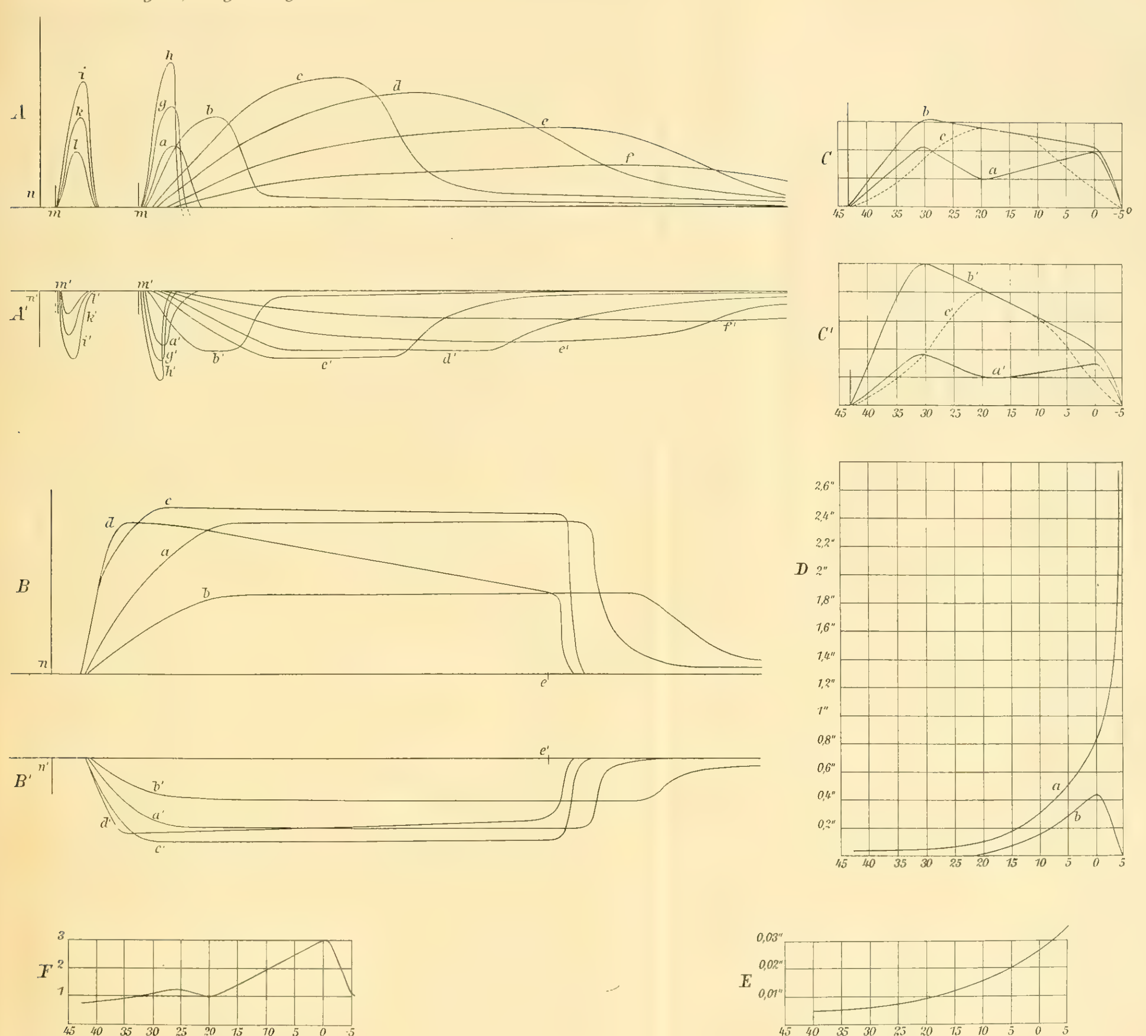
Verlag Veit & Comp. Leipzig.





rlag Veit & Comp, Leipzig

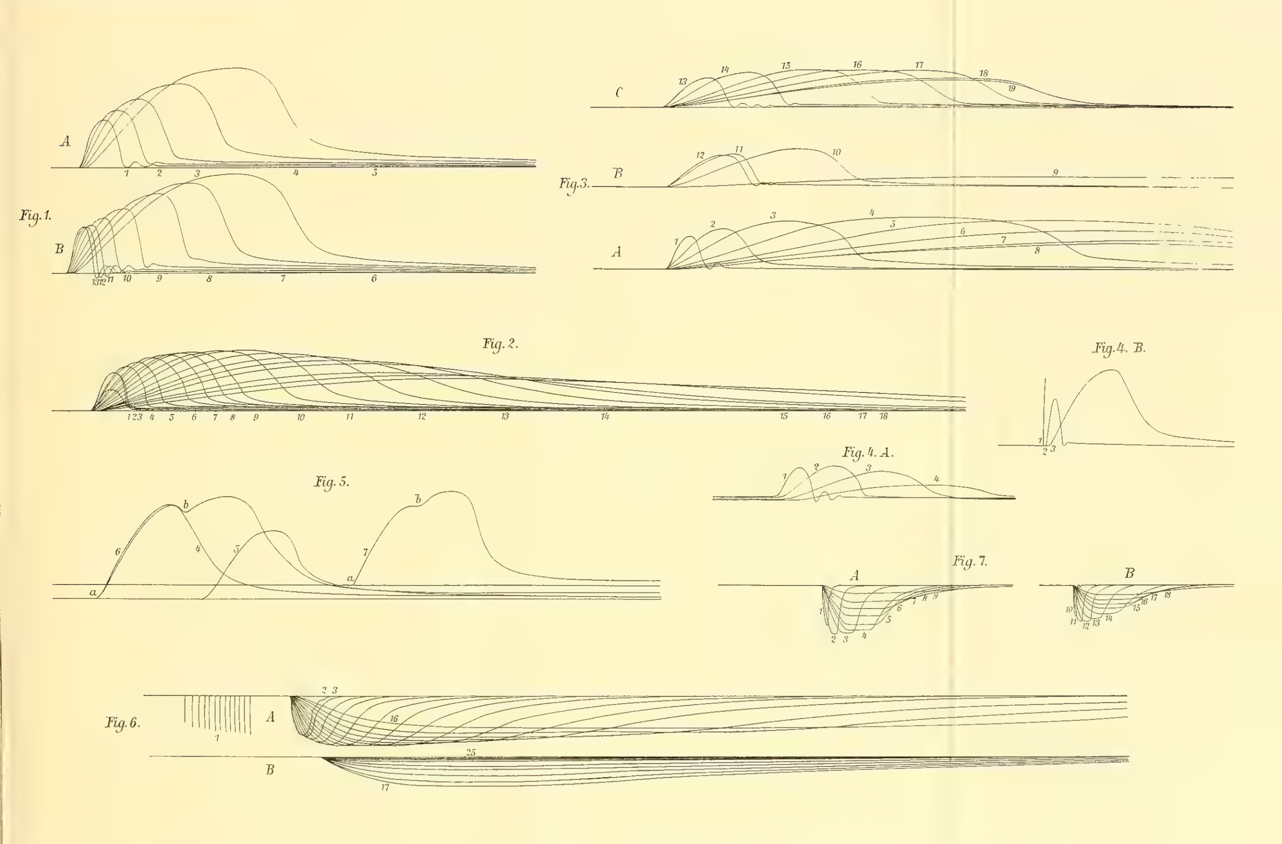




Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.





Veit & Comp. Le



Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

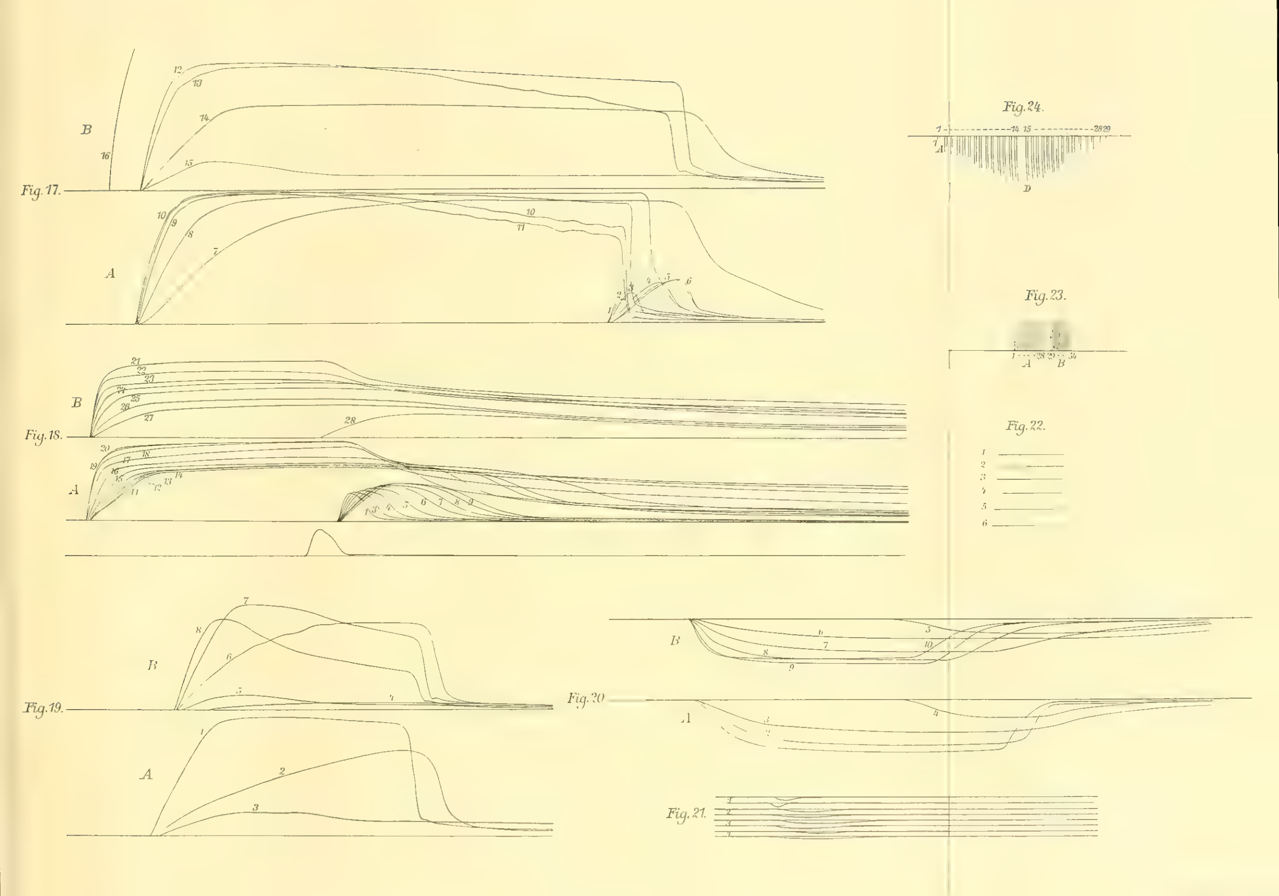
Fig. 14.

Fig. 15.

Fig. 16.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.





Verlag Veit & Comp. Leipzig



H

G

B

F

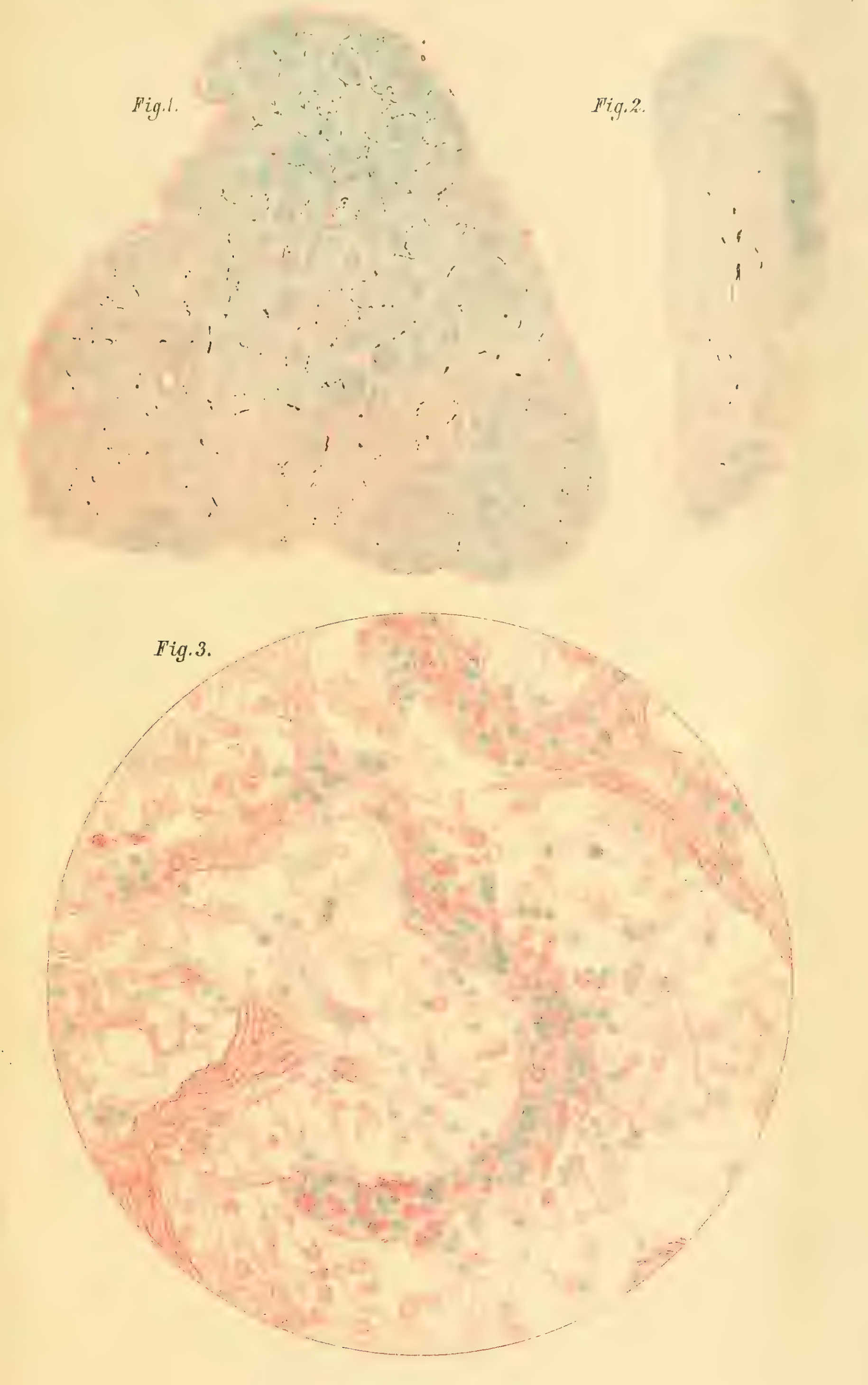
D

E

A

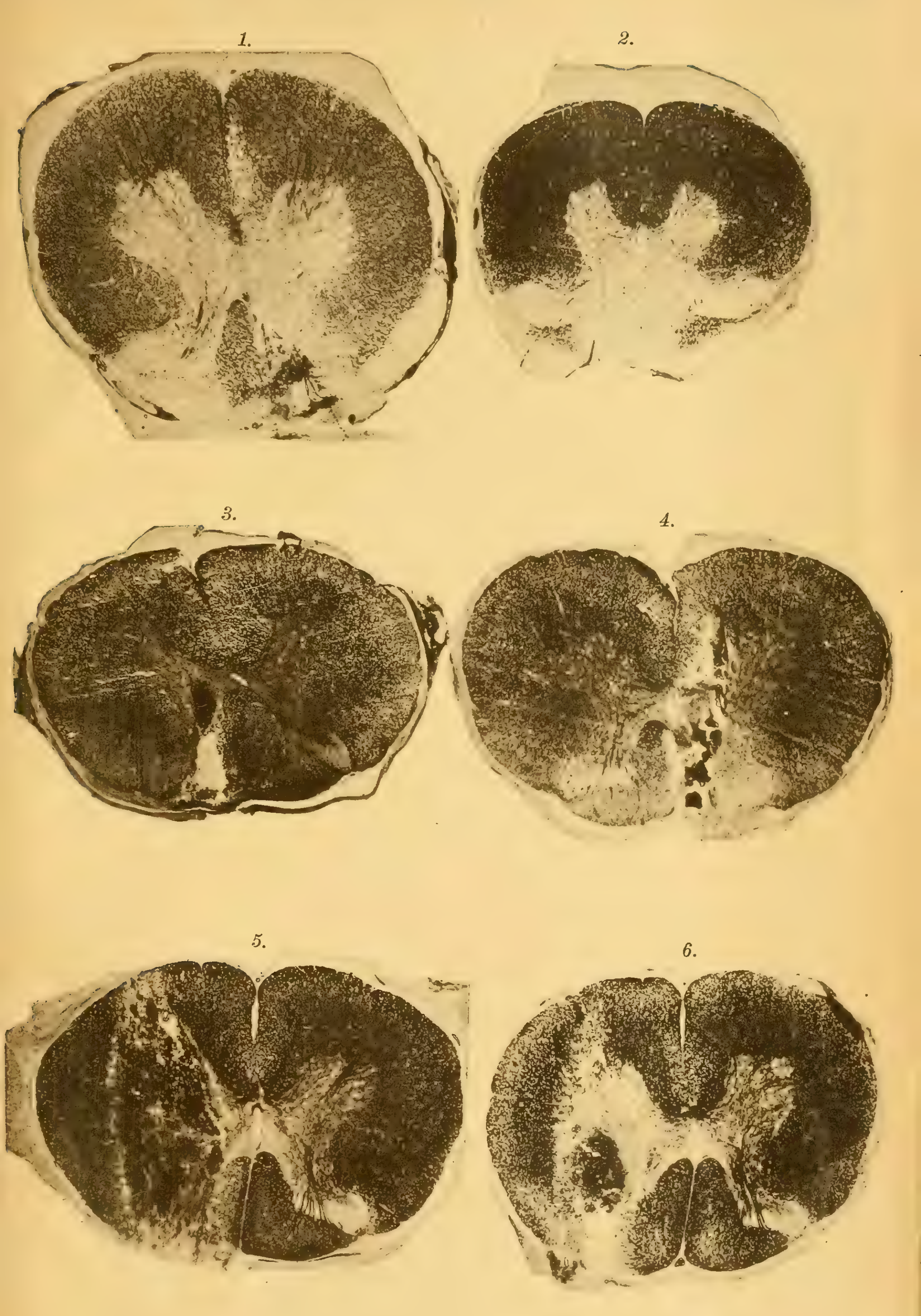
Verlag Veit & Comp. Leipzig.





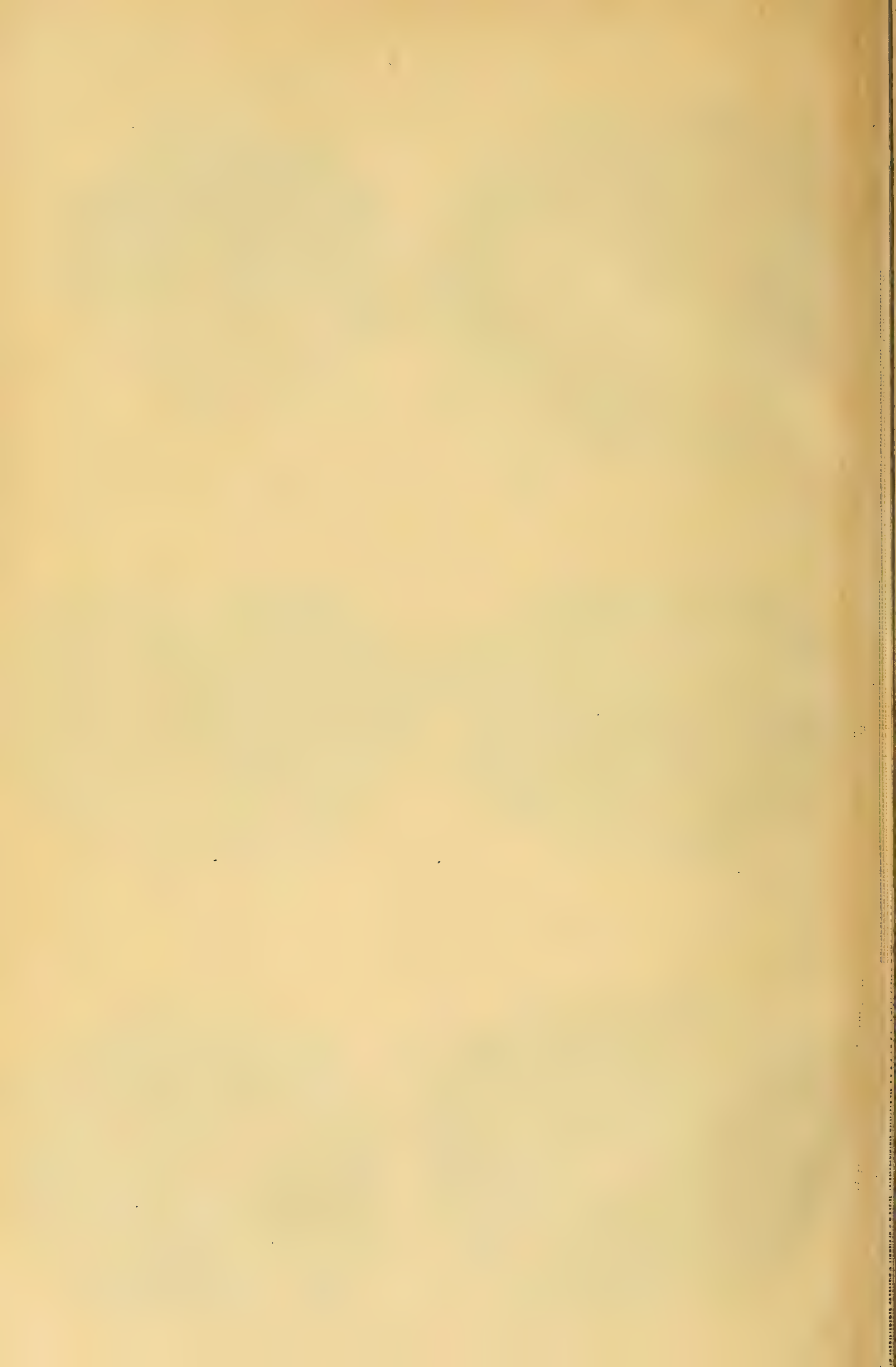
Verlag Veit & Comp. Leipzig.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

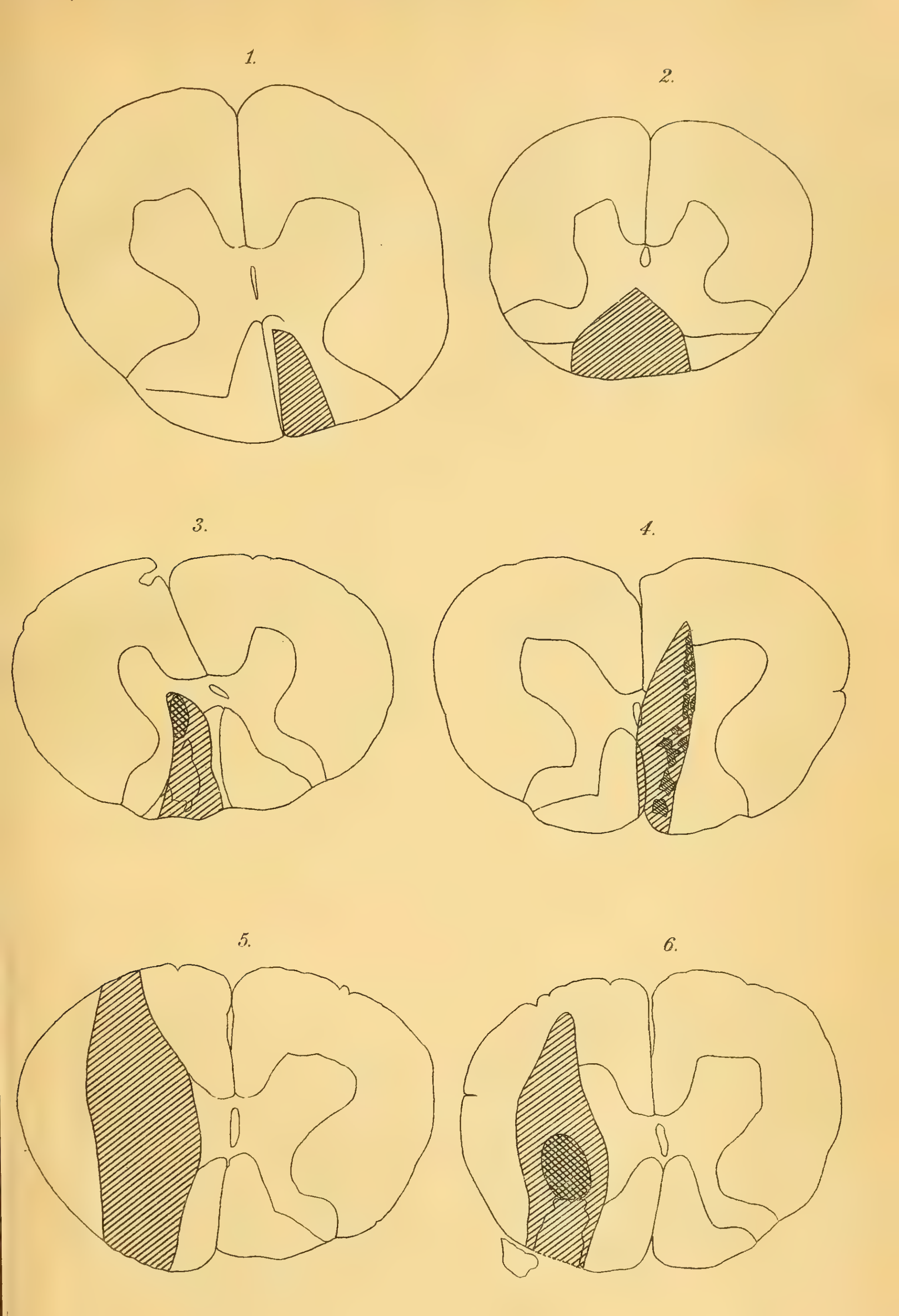




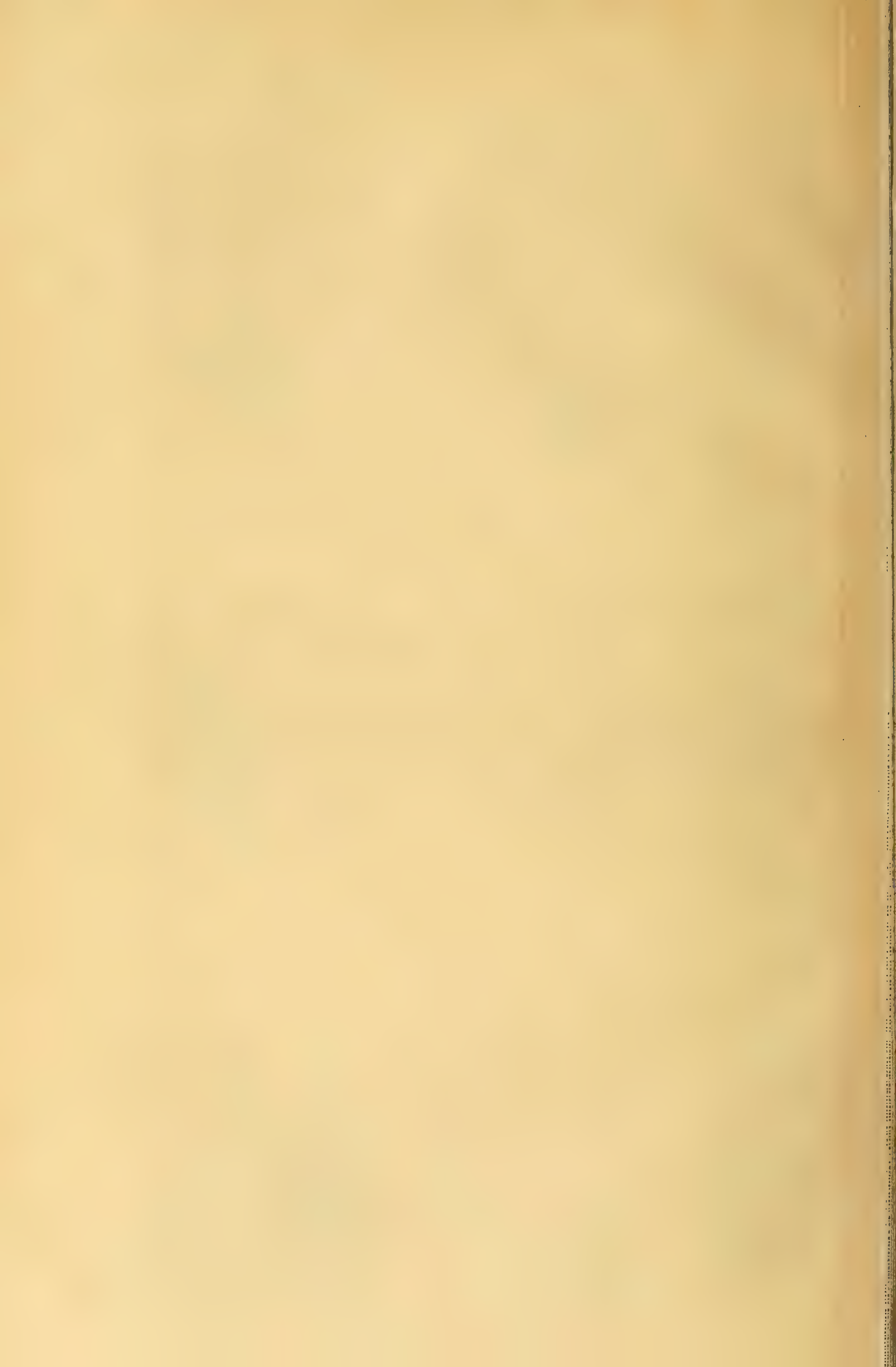
Verlag Veit & Comp. Leipzig.

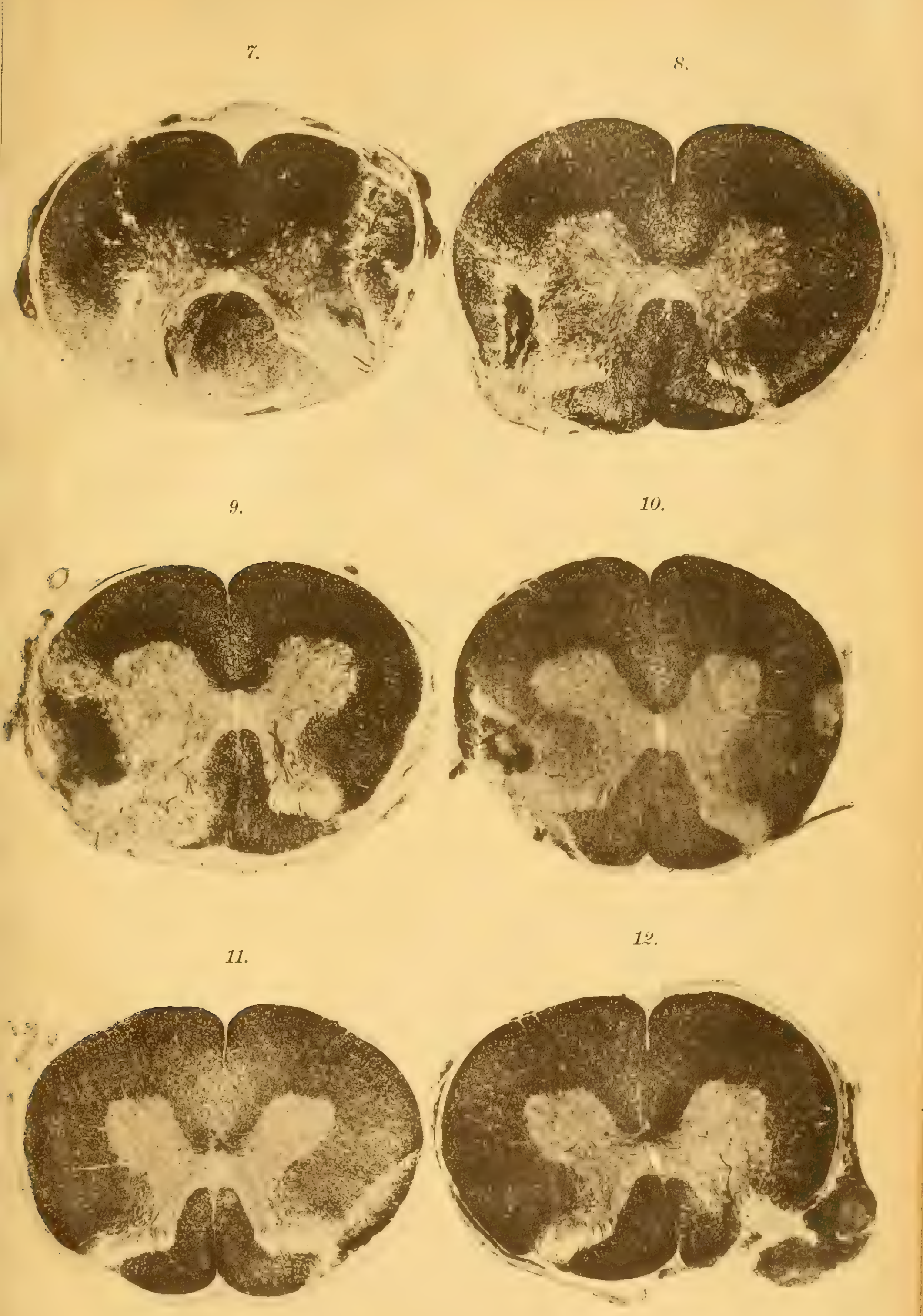
Phot. u. Lichtdruck v. Julius Klinkhardt, Leipzig.





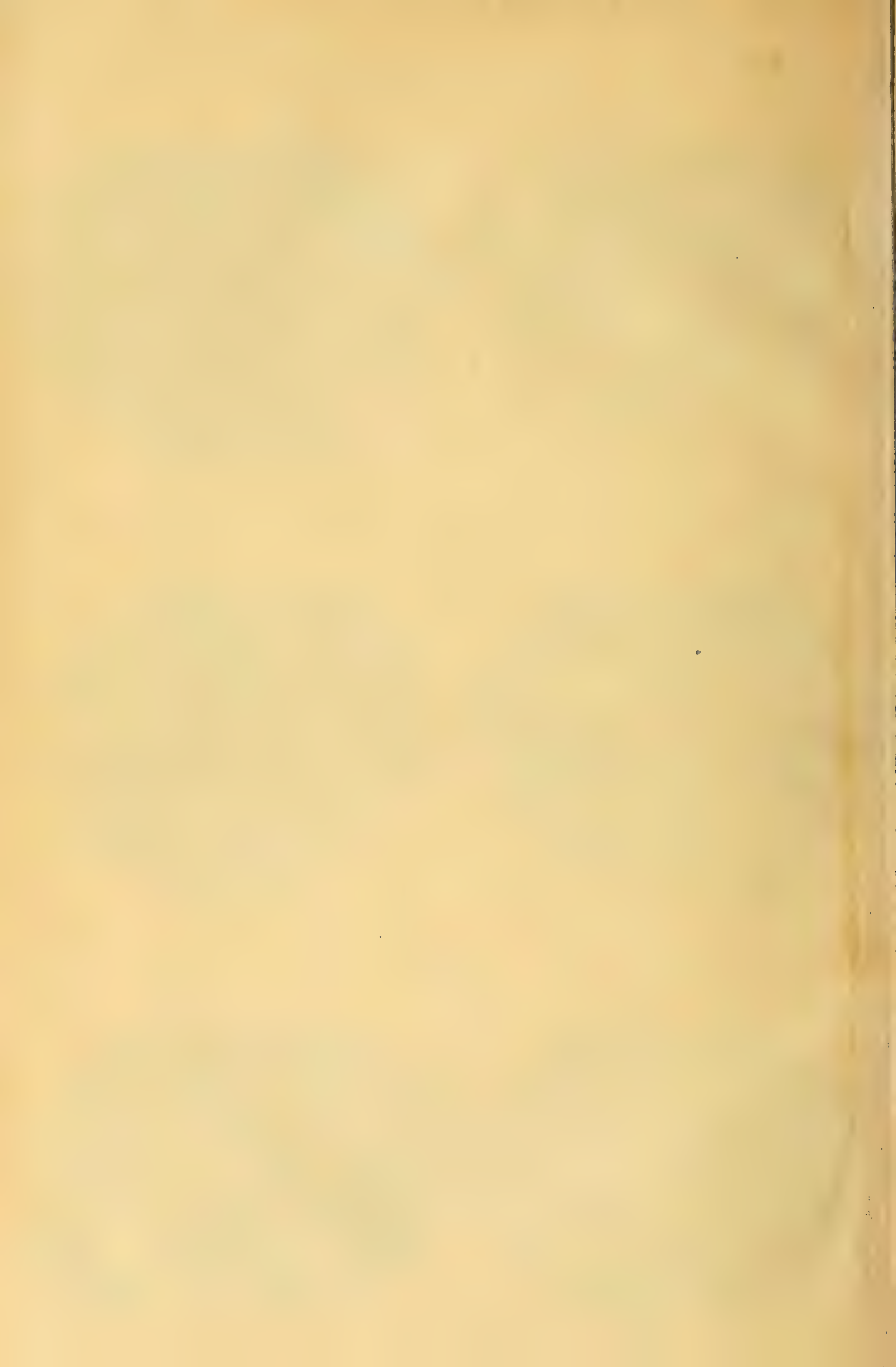
Verlag **Veit & Comp.** Leipzig.

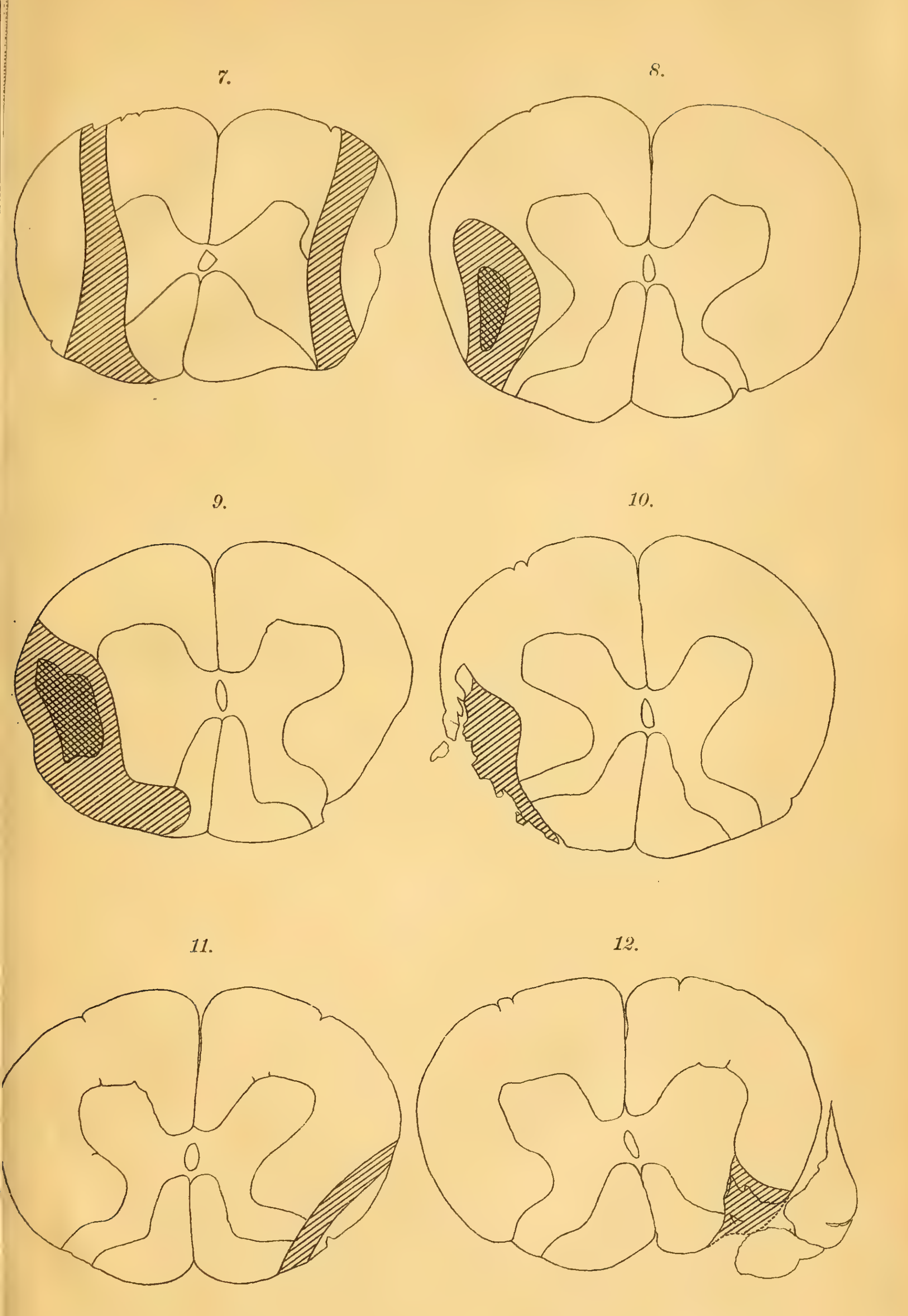




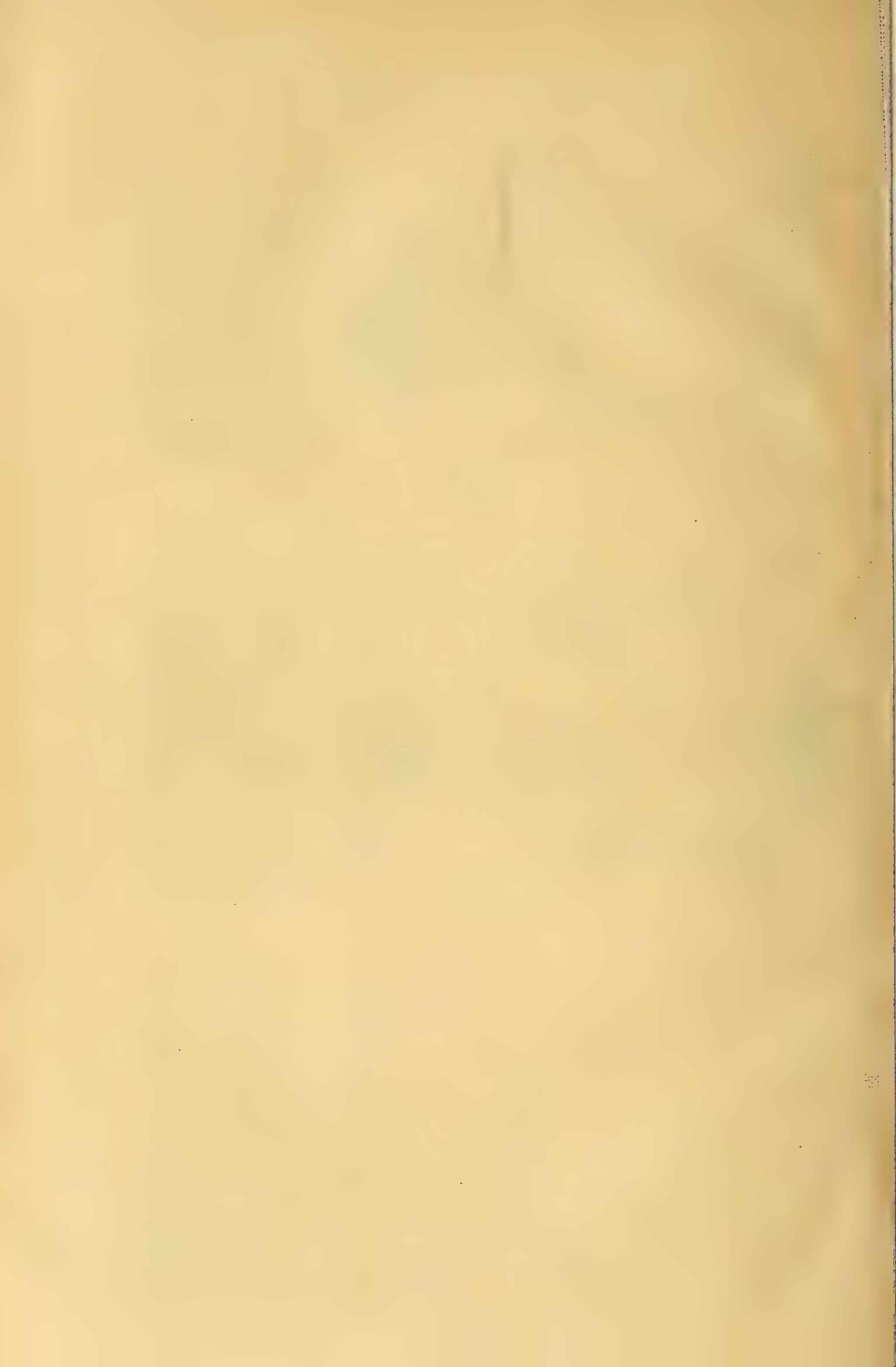
Verlag Veit & Comp. Leipzig.

Phot. u. Lichtdruck v. Julius Klinkhardt, Leipzig.

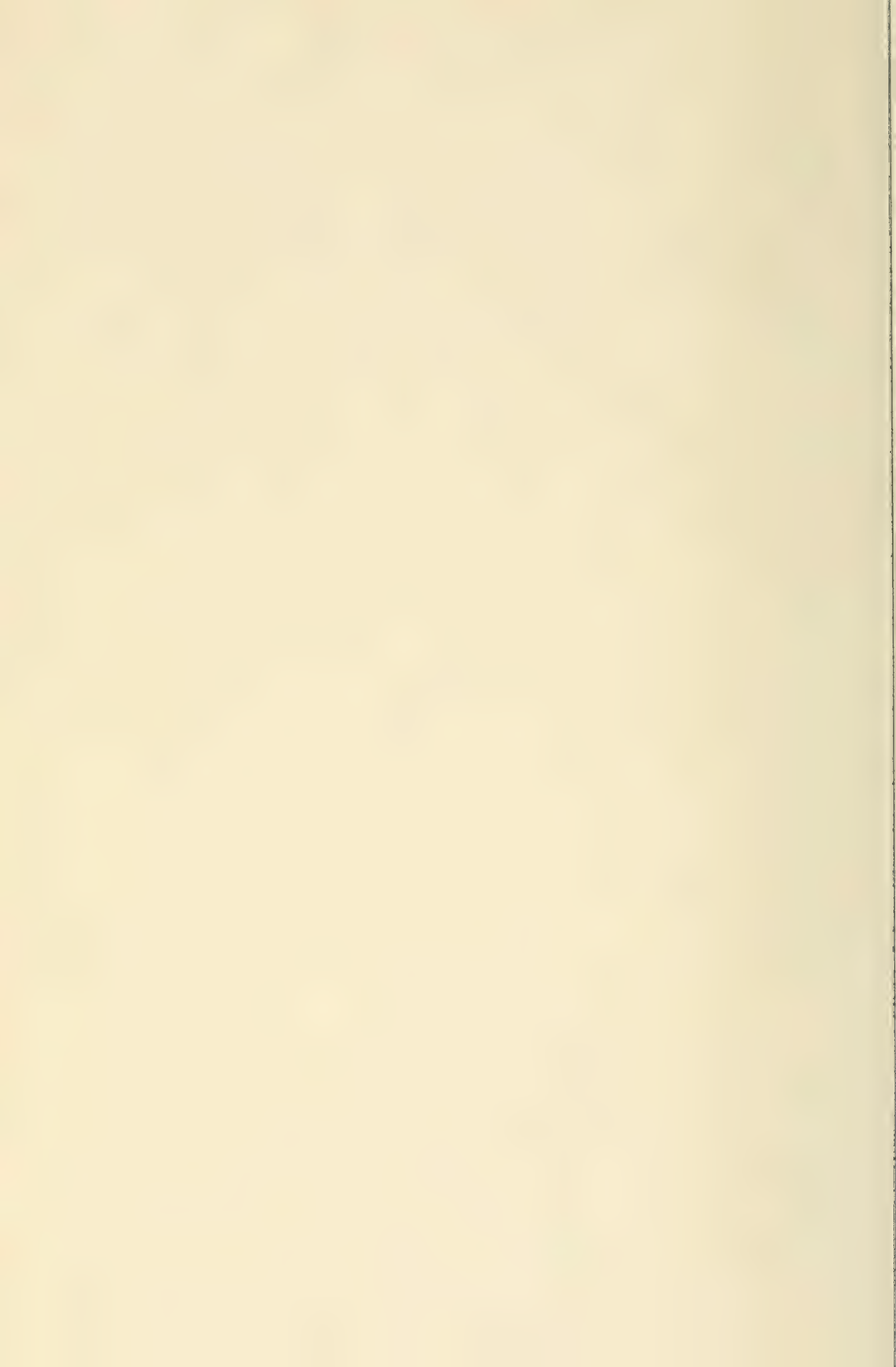




Verlag **Veit & Comp.** Leipzig.







Acme
Bookbinding Co., Inc.
300 Summer Street
Boston, Mass. 02[illegible]

3 2044 093 332 625

